26 Logistik und Supply Chain Management

Mobility in a Globalised World 2021

Eric Sucky, Jan Werner, Niels Biethahn, Alexander Dobhan (Ed.)



University of Bamberg Press

26 Logistik und Supply Chain Management

Logistik und Supply Chain Management

Band 26

Herausgegeben von
Prof. Dr. Eric Sucky

University
of Bamberg
Press
2022

Mobility in a Globalised World 2021

Eric Sucky, Jan Werner, Niels Biethahn, Alexander Dobhan (Ed.)

University
of Bamberg
Press
2022

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Dieses Werk ist als freie Onlineversion über das Forschungsinformationssystem (FIS; fis.uni-bamberg.de) der Universität Bamberg erreichbar. Das Werk – ausgenommen Cover, Zitate und Abbildungen – steht unter der CC-Lizenz CC-BY.



Lizenzvertrag: Creative Commons Namensnennung 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Herstellung und Druck: Docupoint Magdeburg
Umschlaggestaltung: University of Bamberg Press

© University of Bamberg Press, Bamberg 2022
https://www.uni-bamberg.de/ubp

ISSN: 2191-2424 (Print)
eISSN: 2750-8277 (Online)
ISBN: 978-3-86309-860-5 (Print)
eISBN: 978-3-86309-861-2 (Online)
URN: urn:nbn:de:bvb:473-irb-541956
DOI: https://doi.org/10.20378/irb-54195

Schriftenreihe

Logistik und Supply Chain Management

Herausgegeben von

Prof. Dr. Eric Sucky

Kontakt

Univ.-Prof. Dr. Eric Sucky, Otto-Friedrich-Universität Bamberg,
Lehrstuhl für BWL, insb. Produktion und Logistik,
Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg

Das erfolgreiche Management sowohl unternehmensinterner als auch unternehmensübergreifender Wertschöpfungsprozesse, Wertschöpfungsketten und ganzer Wertschöpfungsnetzwerke basiert im Besonderen auf dem zielgerichteten Einsatz von bestehenden und weiterentwickelten Methoden und Konzepten des Produktions- und Logistikmanagements sowie des Operations Research, dem Einsatz von innovativen Informations- und Kommunikationstechnologien sowie theoretischen und praktischen Erkenntnissen des Kooperationsmanagements. Die Schriftenreihe dient der Veröffentlichung neuer Forschungsergebnisse auf den Gebieten Logistik und Supply Chain Management. Aufgenommen werden Publikationen, die einen Beitrag zum wissenschaftlichen Fortschritt in Logistik und Supply Chain Management liefern.

Mobility in a Globalised World 2021

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Editors

The term mobility has different meanings in the following science disciplines. In economics, mobility is the ability of an individual or a group to improve their economic status in relation to income and wealth within their lifetime or between generations. In information systems and computer science, mobility is used for the concept of mobile computing, in which a computer is transported by a person during normal use. Logistics creates by the design of logistics networks the infrastructure for the mobility of people and goods. Electric mobility is one of today's solutions from an engineering perspective to reduce the need of energy resources and environmental impact. Moreover, for urban planning, mobility is the crunch question about how to optimize the different needs for mobility and how to link different transportation systems.

In this publication we collected the ideas of practitioners, researchers, and gov-ernment officials regarding the different modes of mobility in a globalised world, focusing on both domestic and international issues.

Eric Sucky received his PhD from the School of Economics and Business Administration at the Johann Wolfgang Goethe University Frankfurt, Germany. Currently, he is Professor of Operations Management and Logistics at the University of Bamberg, Germany.



Univ.-Prof. Dr.
Eric Sucky

Niels Biethahn received his doctorate in Economic Sciences at the Ruhr-Universität in Bochum, Germany. Besides various positions in business consultancy, he significantly contributed to a restructuring process for a medium-sized automobile supplier as its Commercial Managing Director. Since 2009, he has been a lecturer, starting at the Business and Information Technology School in Iserlohn. He has been a professor at the DHBW Heilbronn since September 2018 and is responsible for the degree course Service Management - Service and Sales - Automotive there. Additional, he is one of the founders of the "Institut für Automobil Forschung" in Dortmund. Moreover, he is one of the owners of the CoCos management simulation.



Prof. Dr.
Niels Biethahn

Jan Werner holds a PhD in Economics from the Johann Wolfgang Goethe University in Frankfurt, Germany. He has worked inter alia for the World Bank, UNDP, the Asian Development Bank, the European Parliament and the GIZ. He was a Guest Professor at the Université Lumière de Lyon 2, France and at the Istanbul Bilgi Universit, Turkey. Moreover, he is the Lead Economist at the Institute of Local Public Finance in Langen, Germany as well as Professor of Economics at the Cologne Business School, University of Applied Sciences, Germany. Currently, he is the mayor of the city of Langen.



Prof. Dr.
Jan Werner

Alexander Dobhan has been Professor of Business Process Management and Business Applications at the University of Applied Science Würzburg-Schweinfurt (FHWS) since 2017. As Head of ERP Lab and FIS-SAP Lab, his research focuses on applying sensor data and artificial intelligence for data maintenance in ERP systems. Furthermore, his research activities refer to strategic and sustainable decisions in the Industry 4.0 and ERP context and the game-oriented development of digital competence in digital business processes. He received his doctorate on Internal Supply Chain Planning from the chair of Professor Dr. Sucky at the university of Bamberg.



Prof. Dr.
Alexander Dobhan

Danksagung

Die Forschungsstelle für nachhaltige Güter- und Personenmobilität arbeitet interdisziplinär, d. h. jenseits der tradierten Einteilung der Wissenschaftsgebiete in Betriebswirtschaftslehre, Ingenieurwissenschaften und Volkswirtschaft. Sie stellt sich der Notwendigkeit, zusammengehörende Fragen auch in einem ganzheitlichen Sinne zu behandeln. Sichergestellt wird dies durch die enge Kooperation von Vertreterinnen und Vertretern der genannten Bereiche. Des Weiteren findet eine aktive Vernetzung mit Vertretern verschiedener Unternehmen statt. Zur Förderung des interdisziplinären Austauschs zwischen Vertreterinnen und Vertretern unterschiedlicher Disziplinen aus Wissenschaft und Praxis findet die Konferenz **Mobility in a Globalised World (migw)** im jährlichen Turnus an wechselnden Orten statt. Im Dezember 2021 fand die Konferenz in Schweinfurt statt.

Für die vielen Beiträge, die gleichermaßen exzellent und aktuell waren, danken die Herausgeber allen beteiligten Kolleginnen und Kollegen. Eine solche Konferenz ist immer die Zusammenarbeit vieler Engagierter. All denjenigen, die uns in den verschiedensten Bereichen unterstützt haben, wollen wir danken.

Unser besonderer Dank gilt hierbei der FHWS in Schweinfurt für die organisatorische Unterstützung sowie Staatsministerin a. D. Dorothee Bär und FHWS-Präsident Prof. Dr. Grebner für die herzlichen Grußwörter. Die lokale Ausrichtung durch Prof. Dr. Alexander Dobhan war exzellent. Besonders hervorzuheben ist die Unterstützung des Teams des ERP-Labors allen voran durch Johannes Beckert, Robert Markert und Lars Eberhardt, die die notwendige Flexibilität in der Vorbereitung und einen reibungslosen Ablauf ermöglichten. Neben den Vorträgen bleiben den Teilnehmerinnen und Teilnehmern die leckeren Konferenzboxen als Ersatz für das Conference Dinner in bester Erinnerung. Herzlichen Dank an Susanne Läbe und Andreas Müller von dinnery.de für das exzellente Menü zuhause und für den Erfahrungsbericht aus der Gastronomie. Ebenfalls bereichernd waren die Gedanken von Christian Tabernig (Lobster GmbH) zur Datenintegration im Industrie-4.0-Kontext.

Zu Dank verpflichtet sind wir auch den Mitgliedern des Scientific Committee, die viel Zeit für die Prüfung der eingegangenen Abstracts aufgewendet haben, und den Modulleitern, die für die Ausgestaltung des Programms zuständig waren. Herzlicher Dank gilt zudem dem Team des Lehrstuhls für BWL, insbesondere Produktion und Logistik an der Universität Bamberg, insbesondere Christian Straubert und Markus Linß, die in vielen Stunden aus unzähligen Einzelteilen ein druckreifes Gesamtwerk erstellt haben.

Bamberg, Juni 2022

Jan Werner, Niels Biethahn, Eric Sucky, Alexander Dobhan

Inhaltsverzeichnis

Mobility in Logistics 1

Eric Sucky

Zur Relevanz von Ethik und Nachhaltigkeit in der universitären Supply Chain Management-Lehre – eine Analyse am Beispiel der Supply Chain von Industrietomaten 5

Eric Sucky, Lisa Hippner und Sophie Kurbjuhn

Process Mining im Behältermanagement 33

Kirsten Nägle, Alexander Dobhan

Sustainable Supply Chain Design – Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts auf Basis der Aktivitätsanalyse 55

Karina Ankenbrand, Eric Sucky

Die Toilettenpapier-Krise und der Bullwhip-Effekt: Wird ein altbekannter Effekt neu entdeckt? – Eine retrospektive Betrachtung 93

Eric Sucky, David Karl

Mobility as a Service während der Covid-19-Pandemie – Eine Kurzumfrage zur Nutzungsbereitschaft 107

David Karl, Jessica Dehler

Mobility in Business Information Systems 135
Alexander Dobhan

Twin Transition – Sustainable Digital Decision Making in Enterprise Resource Planning 137
Alexander Dobhan, Immanuel Zitzmann

Sustainable Design Process to achieve Sustainable Logistics: Opportunities offered by Business Analytics 161
Sahana Narasimhamoorthy, Bernd Knobloch

RFID, RPA & IPS im produktionsnahen ERP-basierten MTO-Auftragsabwicklungsprozess 185
Thomas Zwiefel

Digitale Transformation produktionsnaher Prozesse in KMUs des metallverarbeitenden Gewerbes 211
Lars Eberhardt, Alexander Dobhan, Michael Heidenreich, Felix Markert

Mobility in Information Technology 245
Wilfried Honekamp

Determination of movement profiles based on open-source data from social media 247
Philipp Rosenkranz, Wilfried Honekamp

Digitization in the General Practitioners Practice – A Patient Survey 257
Ivonne Honekamp, Pia Niemann

Das Auto als forensischer Datenspeicher – Technische Hilfsmittel und Möglichkeiten einer forensischen Auswertung von Kfz-Elektroniksystemen 269
Heiko Polster, Dirk Labudde

Geoinformatik, Geoinformation, GIS, BIM und BIM-Arbeitsmethode – Chancen und Potenziale für die Polizeien der Länder 289
Roman Povalej, Dirk Volkmann

Mobility in Applied Economics 311
Jan Werner

KI-Regulierung durch die EU – Eine Einschätzung der Regulierungsvorschläge der EU-Kommission vom April 2021 aus ökonomischer Perspektive 313
Michael Vogelsang

Über die Bedürfnisse innovationsaffiner Konsumenten bzgl. E-Mobilität in Deutschland 331
Christian Lucas

Mobilitätspräferenzen und Preisflexibilität spezifischer Nutzergruppen im autonomen Fahren 343
Franziska Schmid, Matthias Achim Teichert

Approaches to deal with a Dutch Disease - A Systematic Review 369
Helena Schulz

Mobility in Logistics

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in Logistics

Univ.-Prof. Dr. Eric Sucky

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg, eric.sucky@uni-bamberg.de

Die aktuelle gesellschaftliche und politische Diskussion im Kontext des Supply Chain Managements ist durch den Beitrag von einzelnen Produkten bis hin zu ganzen Supply Chains zum Klimawandel, zur Ressourcenverschwendung und deren Einfluss auf (globale) gesellschaftliche Missstände wie Hunger und Armut geprägt. Entsprechend entwickelt sich das so genannte Sustainable (oder nachhaltige) Supply Chain Management zunehmend zu einem Forschungs- und Lehrgebiet der Betriebswirtschaftslehre. Ausgangspunkt für das nachhaltige Management von Supply Chains sind Umweltprobleme und soziale Missstände, die auf verschiedenen Stufen der Supply Chain auftreten können. Nachhaltiges Management hört dann nicht an Unternehmensgrenzen auf, sondern betrifft die gesamte Supply Chain, von den Rohstofflieferanten, über die Zulieferer, den Produzenten bis hin zum Handel und den Endkunden.

In dem Beitrag *Zur Relevanz von Ethik und Nachhaltigkeit in der universitären Supply Chain Management-Ausbildung – eine Analyse am Beispiel der Supply Chain von Industrietomaten* von Eric Sucky, Lisa Hippner und Sophie Kurbjuhn wird der Frage nachgegangen, ob, neben einer wissenschaftlichen Bearbeitung des Themas Ethik und Nachhaltigkeit in Supply Chains, auch ein entsprechender Lehr- und Ausbildungsbedarf bzw. -auftrag für Hochschulen abgeleitet werden kann bzw. muss? Ist es sinnvoll oder gar nötig, entsprechende Studienangebote zu schaffen? Aufbauend auf den Grundlagen, Aufgaben und Zielen des Supply Chain Managements wird eine real existierende Supply Chain sowohl aus betriebswirtschaftlichen als auch ökologischen und ethischen Gesichtspunkten analysiert. Daraus können Hinweise auf eine Intensivierung des Studienangebots im Hinblick auf Ethik und Nachhaltigkeit im Supply Chain Management abgeleitet werden.

Die Akzeptanz und die steigende Nachfrage nach grünen Produkten und Dienstleistungen in der Gesellschaft führt dazu, dass die ökologischen Ziele der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit Logistikkonzepten immer stärker an Bedeutung gewinnen. Durch die Verwendung von Mehrwegbehältern wird ein Einsparungspotenzial geschaffen: Mehrwegbehälter müssen nach der Benutzung für den Transport eines Produkts nicht entsorgt werden, es entsteht kein Verpackungsmüll und die Herstellung

neuer Behälter entfällt. Der Einsatz von Mehrwegbehältern erfordert jedoch ein effizientes Behälterflussmanagement unter Berücksichtigung von Handling, Lagerung, Verfügbarkeit und Verfolgbarkeit, sowie des Leergutmanagements. Ungenaue Verfolgbarkeit oder ineffizientes Handling kann hohe Bestände, Behälterknappheit und Verspätungen verursachen. Herausforderungen sind oft fehlende oder nicht aktuelle Daten zu den Positionen der Behälter. Der Beitrag *Process Mining im Behältermanagement* von Kirsten Nägle und Alexander Dobhan geht daher folgender der Frage nach: Wie können mit Ereignisdaten verknüpfte Kontextinformationen bei der Anwendung von Process Mining im Mehrwegbehältermanagement berücksichtigt werden?

Der Beitrag *Sustainable Supply Chain Design – Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts auf Basis der Aktivitätsanalyse* von Karina Ankenbrand und Eric Sucky fokussiert auf ein nachhaltiges Supply Chain Design. Mit einem zielgerichteten Supply Chain Design werden Erfolgspotenziale geschaffen sowie langfristige Rahmenbedingungen festgelegt. Die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Designs betrifft aus einer institutionellen Perspektive beispielsweise Entscheidungen über die in die Supply Chain zu integrierenden Supply Chain-Partner. Für die physische Ebene der Supply Chain ist die Struktur, die Dichte und die Leistungsfähigkeit des Netzwerks festzulegen. Von nachhaltigem Supply Chain Design kann gesprochen werden, wenn neben Erfolgszielen auch ökologische und soziale Ziele im Rahmen des Supply Chain Designs verfolgt werden. Auf Basis der Aktivitätsanalyse wird ein quantitatives Modell zur Darstellung und Lösung des Problems eines nachhaltigkeitsorientierten Supply Chain Designs entwickelt und am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts angewendet.

Zwei weitere Beiträge rücken die Corona-Pandemie in den Fokus. So stellte die Lage im Einzelhandel zu Beginn der Corona-Pandemie Logistiker vor Herausforderungen und die Verbraucher auf eine Geduldsprobe. Dies zeigte sich bei den Versorgungsengpässen für Toilettenpapier, die durch „Hamsterkäufe“ der Verbraucher ausgelöst wurden. Doch wie kam es zu dieser „Toilettenpapier-Krise“ und wie lange würde sie anhalten? Der Beitrag *Die Toilettenpapier-Krise und der Bullwhip-Effekt: Wird ein altbekannter Effekt neu entdeckt? – Eine retrospektive Betrachtung* von Eric Sucky und David Karl zeigt, wie sich bereits März 2020 der weitere Krisenverlauf abschätzen ließ. Anhand des im Supply Chain Management wohlbekannten Bullwhip-Effekts lassen sich Nachfrageschocks und die Auswirkungen auf die verschiedenen Stufen von Supply Chains analysieren. Im Falle der Toilettenpaper-Krise waren die Gründe für das Nachfragesignal für alle Institutionen offensichtlich. Es war also von Anfang an nicht von einem Bullwhip-Effekt zu sprechen: Der tatsächliche Toilettenpapier-Verbrauch ist langfristig konstant, was ein Aufschaukeln der Nachfrageschwankungen verhinderte.

Mobility as a Service (MaaS) gilt als alternatives Mobilitätskonzept zur privaten PKW-Nutzung. Da die Corona-Pandemie das Mobilitätsverhalten beeinflusst, wirkt sie sich auf die Verbreitung und Entwicklung von MaaS aus. Der Beitrag *Mobility as a Service während der Covid-19-Pandemie – Eine Kurzumfrage zur Nutzungsbereitschaft in Deutschland* von David Karl und Jessica Dehler untersucht den Einfluss der Corona-Pandemie auf die Bereitschaft zur Nutzung von MaaS-Angeboten. Methodisch greift dieser Beitrag hierzu auf eine Online-Befragung von 245 potenziellen MaaS-Nutzern aus Deutschland zur persönlichen Einschätzung dieses Konzepts vor und während der Pandemie zurück. Die Pandemie hat vor allem zu Beginn das Mobilitätsverhalten und damit die MaaS-Nutzung stark beeinflusst. Insgesamt hatte sie für die Mehrheit der Befragten eher geringen Einfluss auf die MaaS-Nutzungsbereitschaft, doch bei etwa einem Drittel ist die Nutzungspräferenz gesunken. Einflussfaktoren wie z. B. die Angst vor Ansteckung in öffentlichen Verkehrsmitteln oder eine geringere Mobilitätsnachfrage könnten die veränderten Präferenzen erklären. Für die Praxis bedeuten die Ergebnisse dieser explorativen Studie, dass bestehende Projekte offensiv weiter beworben werden sollten, um in einer Phase des Übergangs von der pandemischen zur endemischen Situation grundsätzliche Befürworter von MaaS zurückzugewinnen.

Zur Relevanz von Ethik und Nachhaltigkeit in der universitären Supply Chain Management-Lehre – eine Analyse am Beispiel der Supply Chain von Industrietomaten

Eric Sucky, Lisa Hippner und Sophie Kurbjuhn

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Produktion und Logistik,
Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg,
eric.sucky@uni-bamberg.de

1 Einleitung 6

2 Grundlagen des Supply Chain Managements 9

3 Supply Chains für Tomatenprodukte 10

4 Betriebswirtschaftliche Analyse der Supply Chain für Tomatenprodukte 15

5 Ethische und ökologische Analyse der Supply Chain für Tomatenprodukte 19

6 Vom Supply Chain Management zum Sustainable Supply Chain Management 24

7 Verantwortung einer nachhaltigen und ethischen Betriebswirtschaftslehre 26

8 Literatur 27

Abstract:
Die aktuelle gesellschaftliche und politische Diskussion im Kontext des Supply Chain Managements ist durch den Beitrag von Produkten oder ganzen Supply Chains zum Klimawandel, zur Ressourcenverschwendung und deren Einfluss auf (globale) gesellschaftliche Missstände wie Hunger und Armut geprägt. Kann aus den genannten Entwicklungen – neben einer wissenschaftlichen Bearbeitung des Themas Ethik und Nachhaltigkeit in Supply Chains – auch ein entsprechender Lehr- und Ausbildungsbedarf bzw. -auftrag in diesem Kontext für Hochschulen abgeleitet werden? Ist es sinnvoll oder gar nötig, entsprechende Studienangebote zu schaffen? Aufbauend auf den Grundlagen, Aufgaben und Zielen des Supply Chain Managements wird eine real existierende Supply Chain sowohl aus betriebswirtschaftlichen als auch ökologischen und ethischen Gesichtspunkten analysiert. Daraus können Hinweise auf eine Intensivierung des Studienangebots im Hinblick auf Ethik und Nachhaltigkeit im Supply Chain Management abgeleitet werden.

JEL Classification: A11, A29, M14, Q56

Keywords: Sustainable Supply Chain Management, Unternehmensethik, Nachhaltigkeit, Studium der Betriebswirtschaft.

Ich erwarte überhaupt nicht, dass meine Studierenden später einmal ihren Chef konfrontieren: „Ich halte das, was Sie da tun, für ethisch falsch." Aus den klassischen Studien zum Gehorsam gegenüber Autoritäten von Stanley Milgram und zum Konformismus in Gruppen von Solomon Asch wissen wir, dass Menschen gegen ethische Zumutungen nicht einmal in Laborsituationen aufbegehren. Und da soll ich erwarten, dass meine Studierenden sich später einmal gegen ihren Vorgesetzten stellen? Ein solcher Ansatz, Ethik zu lehren, würde nicht gerade von psychologischer Kenntnis zeugen.[1]

Jonathan Haidt, geb. 1963, US-amerikanischer Professor für Psychologie

Jeder Grundsatz der Betriebswirtschaftslehre hat ein ethisches Fundament. Wenn dieser Beweis einmal erbracht ist, braucht kein Unternehmer oder Manager, der die Grundsätze der Betriebswirtschaftslehre beachtet, bei seinen Entscheidungen einen Unternehmensethiker heranzuziehen.[2]

Horst Albach, 1931–2021, deutscher Wirtschaftswissenschaftler

Die wichtigsten Aufgaben einer Verankerung von Unternehmensethik[3] *im BWL-Studium können in der Sensibilisierung ihrer Studierenden für ethische Fragestellungen und der Vorbereitung auf einen späteren Umgang mit ihnen gesehen werden.*[4]

Dominik van Aaken, 1976, deutscher Wirtschaftswissenschaftler,
Hans-Ulrich Küpper, geb. 1945, deutscher Wirtschaftswissenschaftler,
Philipp Schreck, geb. 1978, deutscher Wirtschaftswissenschaftler

1 Einleitung

Die lange Tradition der universitären Ausbildung in der Betriebswirtschaftslehre kann auf die Gründung der ersten Handelshochschulen – Aachen, Leipzig und Wien (1898), Köln und Frankfurt am Main (1901), Berlin (1906) und Mannheim (1908) – zurückgeführt werden (Schanz, 2014 und Schanz, 2019). Die Gründung von solchen Forschungs- und Lehrinstitutionen trägt auch maßgeblich zur Institutionalisierung einer Wissenschaft als Fachdisziplin bei. Inzwischen ist die Betriebswirtschaftslehre an fast allen Universitäten in Deutschland, Österreich und der Schweiz als Forschungs- und Lehrgebiet vertreten (Burr, 2012). Diese „Erfolgsgeschichte" zeigt sich auch darin, dass der Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V. im Jahr 2021 bereits sein 100-jähriges Bestehen feiern konnte (https://vhbonline.org/).

[1] Psychologie Heute, Januar 2014 (http://www.textransfer.de/PDF/2014PHWS1.pdf).

[2] Albach, 2007, S. 202.

[3] Im Rahmen der Unternehmensethik werden moralische Probleme behandelt, die sich in Unternehmen oder aus der Tätigkeit von Unternehmen ergeben (vgl. Höffe, 2002).

[4] Van Aaken/Küpper/Schreck, 2011, S. 55–56.

Trotz dieser langen Tradition und obwohl das ursprüngliche Leitbild der Betriebswirtschaftslehre – der ehrbare Kaufmann[5] – bis ins 12. Jahrhundert zurückverfolgt werden kann und auch der Begriff der Nachhaltigkeit bereits aus dem 18. Jahrhundert stammt (Klink, 2008; Michelsen/Adomßent, 2014),[6] hat ethisches und nachhaltiges Handeln in der Betriebswirtschaftslehre erst in den letzten vier Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen (Bekmeier-Feuerhahn et al., 2018 und Gabriel/Ernst, 2021).[7]

Mit der Kreierung neuer betriebswirtschaftlicher Lehr- und Forschungsgebiete reagiert die Betriebswirtschaftslehre als angewandte Wissenschaft immer wieder auf neue Themen in der Wissenschaft, Entwicklungen in der unternehmerischen Praxis sowie gesellschaftliche Strömungen und veränderte Rahmenbedingungen (Burr, 2012). Ein Beispiel liefert die Logistik, welche sich als betriebswirtschaftliche Disziplin ab 1970 in Deutschland verankert hat (Kortschak, 2012). Aktuell etabliert sich das Supply Chain Management als Lehr- und Forschungsgebiet in der Betriebswirtschaftslehre. Der Anspruch einer prozessorientierten Planung und Gestaltung unternehmensübergreifender Wertschöpfungsnetzwerke im Hinblick auf die Erhöhung des Kundennutzens hat sich durchgesetzt, sodass die Logistik als Kernbereich des Supply Chain Managements weiterhin besteht, jedoch in einer Ko-Existenz (Stölzle, 2022).

[5] Klink, 2008, S. 79 führt aus, dass „[…] Kaufleute keiner gesonderten Ethik oder speziell entwickelter Kodizes bedürfen, wenn sie dem ursprünglichen Leitbild der Betriebswirtschaftslehre – dem Leitbild des Ehrbaren Kaufmanns – folgen. Seit dem 12. Jahrhundert wurde dieses Leitbild in Kaufmannshandbüchern gelehrt. Ein Ehrbarer Kaufmann wirtschaftet nachhaltig. Dazu nutzt er sein wirtschaftliches Fachwissen und ein Bündel aus Tugenden, das seinen langfristigen wirtschaftlichen Erfolg sichern soll. Bei seinen Entscheidungen achtet er verantwortungsvoll auf die Folgen für die Gesellschaft und den sozialen Frieden."

[6] Vor über 300 Jahren legte Hans Carl von Carlowitz, Oberberghauptmann am kursächsischen Hof in Freiberg, in seinem Werk „Sylvicultura oeconomica" das Nachhaltigkeitsprinzip dar (Carlowitz, 1713). Hans Carl von Carlowitz formulierte darin für die Forstwirtschaft, dass nur so viel Holz geschlagen werden sollte, wie durch planmäßige Aufforstung nachwachsen konnte. Hintergrund dieser Formulierung war, dass im frühen 18. Jahrhundert der Silberbergbau im Erzgebirge aufgrund von Holzknappheit in seiner Existenz bedroht war. Für den Bergbau war Holz unverzichtbar. Da es nicht über Flüsse herangeschafft werden konnte, wurden die regionalen Waldbestände genutzt, sodass die Region weitgehend kahlgeschlagen war. Allgemein beschreibt das Prinzip der Nachhaltigkeit die Verantwortung für gegenwärtige und zukünftige Generationen. Bekannt wurde dieses Prinzip durch die Studie „Grenzen des Wachstums", den Brundtland-Report, die Rio-Konferenz 1992 oder den Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg 2002.

[7] Im Rahmen dieses Beitrags sollen Gemeinsamkeiten und/oder Unterschiede zwischen den Begriffen Ethik und Nachhaltigkeit nicht thematisiert werden. Trotzdem kann festgehalten werden, dass die ethische Dimension auch in der sozialen und ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit enthalten ist. Werden im Rahmen der unternehmerischen Tätigkeit die Belange der Gesellschaft und der Umwelt weitreichend berücksichtigt, so handelt es sich auch um ethisches Handeln. In diesem Fall beeinflussen nicht nur Ziele wie die Gewinnmaximierung das Handeln, sondern eben auch Ziele, die auf das Gemeinwohl abzielen. Allerdings wird soziale und ökologische Verantwortung von Unternehmen oftmals nur übernommen, da sich hiervon ein Imagegewinn versprochen wird. In diesem Fall begründet sich das Verhalten z. B. aus Marktdruck und nicht aus ethischem Antrieb.

Die aktuelle gesellschaftliche und politische Diskussion im Kontext des Supply Chain Managements ist durch den Beitrag von Produkten oder ganzen Supply Chains zum Klimawandel, zur Ressourcenverschwendung und deren Einfluss auf (globale) gesellschaftliche Missstände wie Hunger und Armut geprägt. Ein so genanntes Sustainable Supply Chain Management entwickelt sich zunehmend zu einem Forschungs- und Lehrgebiet der Betriebswirtschaftslehre (Spengler, 2022). Ausgangspunkt für das nachhaltige Management von Wertschöpfungsnetzwerken sind Umweltprobleme und soziale Missstände, die auf verschiedenen Stufen der Supply Chain auftreten können (Seuring, 2022). Nachhaltiges Handeln hört dann nicht an Unternehmensgrenzen auf, sondern betrifft die gesamte Supply Chain, von den Rohstofflieferanten, über die Zulieferer, den Produzenten bis hin zum Handel und den Endkunden. Dies spiegelt sich sowohl in den Kundenerwartungen oder den Forderungen von Nichtregierungsorganisationen (NGO) wider als im Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten (Lieferkettengesetz). Danach müssen ab 2023 Verstöße gegen Menschen- und Umweltrechte in Supply Chains, von der Rohstoffgewinnung bis zur Lieferung an Endkunden, vermieden werden.[8]

Kann aber aus den genannten Entwicklungen – neben einer wissenschaftlichen Bearbeitung des Themas Ethik und Nachhaltigkeit in Supply Chains – auch ein entsprechender Lehr- und Ausbildungsbedarf bzw. -auftrag in diesem Kontext für Hochschulen abgeleitet werden? Ist es sinnvoll oder gar nötig, entsprechende Studienangebote zu schaffen? Oder ist ein Curriculum, welches Ethik und Nachhaltigkeit explizit thematisiert, nicht notwendig, da die Betriebswirtschaftslehre als solche Unternehmensethik ist? Nach Albach (2007, S. 202) „[…] braucht kein Unternehmer oder Manager, der die Grundsätze der Betriebswirtschaftslehre beachtet, bei seinen Entscheidungen einen Unternehmensethiker heranzuziehen." Denn selbst auf Märkten, wo der Wettbewerb nicht funktionsfähig ist, greift das Wettbewerbsrecht oder die staatliche Regulierung ein. Anstatt einer Unternehmensethik bedarf es somit lediglich einer ordnungsethischen Fundierung des geltenden Rechts (Albach, 2007). Van Aaken et al. (2011, S. 55) hingegen betonen die Wichtigkeit entsprechender Inhalte in den Studiengängen der Betriebswirtschaftslehre und sehen deren wichtigste Aufgabe in der „[…] Sensibilisierung ihrer Studierenden für ethische Fragestellungen und der Vorbereitung auf einen späteren Umgang mit ihnen […]."

Im Folgenden soll – aufbauend auf den Grundlagen, Aufgaben und Zielen des Supply Chain Managements – eine real existierende Supply Chain sowohl aus betriebswirtschaftlichen als auch ökologischen und ethischen Gesichtspunkten analysiert werden.

[8] https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/lieferkettengesetz, https://www.csr-in-deutschland.de/DE/Wirtschaft-Menschenrechte/Gesetz-ueber-die-unternehmerischen-Sorgfaltspflichten-in-Lieferketten/gesetz-ueber-die-unternehmerischen-sorgfaltspflichten-in-lieferketten.html.

Daraus können Hinweise auf eine Intensivierung des Studienangebots im Hinblick auf Ethik und Nachhaltigkeit im Supply Chain Management abgeleitet werden.

2 Grundlagen des Supply Chain Managements

In einer arbeitsteiligen Wirtschaft schaffen einzelne Unternehmen einen Wert dadurch, dass sie Güter von anderen Unternehmen zu einem bestimmten Preis übernehmen (Input), mit diesen Gütern neue Güter erstellen (Throughput) und diese anschließend zu einem höheren Preis auf einem Markt absetzen (Output). Die betriebliche Wertschöpfung (value added) kann demnach „[…] generell erklärt werden als die Differenz zwischen dem Wert der vom Betrieb übernommenen Güter und dem Wert der vom Betrieb abgegebenen Güter“ (Weber, 1980, S. 10), d. h. „[…] Erträge minus Aufwendungen für Vorleistungen […]“ (Hahn, 1996, S. 159).

Ein unternehmensbezogenes Wertschöpfungsmanagement hat die Aufgabe, die Wertschöpfungsprozesskette(n) des Unternehmens zielgerichtet zu gestalten und sämtliche Wertschöpfungsprozesse zielgerichtet zu planen, zu steuern und zu kontrollieren (zu „managen“). Da sich dieses Management auf das gesamte Unternehmen, die einzelnen Standorte, Bereiche oder Abteilungen des Unternehmens bezieht, kann auch von dem Wertschöpfungssystem des Unternehmens gesprochen werden (Sucky, 2018). Werden explizit die Beziehungen zu vor- oder nachgelagerten Unternehmen betrachtet, rücken nicht einzelne, betriebliche Wertschöpfungssysteme, sondern unternehmensübergreifende Wertschöpfungssysteme – Supply Chains – in den Fokus.

Wird unter Management die zielgerichtete Planung, Steuerung und Kontrolle eines Systems verstanden, dann betrifft Supply Chain Management das Management produkt- oder produktgruppenbezogener, unternehmensübergreifender Wertschöpfungsnetzwerke. Das aktive Management solcher komplexen Wertschöpfungsnetzwerke erfordert einerseits die Kollaboration und Kooperation der in einer Supply Chain agierenden, rechtlich und wirtschaftlich eigenständigen Unternehmen (Barratt, 2004). Andererseits ist die Koordination der einzelnen Prozesse im Netzwerk expliziter Bezugspunkt des Managements von Supply Chains (Halldórsson et al., 2015). Den Zielbezug der Koordination betont Frese (1998, S. 69): „Koordination bedeutet das Ausrichten von Einzelaktivitäten in einem arbeitsteiligen System auf ein übergeordnetes Gesamtziel.“

Die Zusammenführung dieser Aspekte bzw. Elemente des Supply Chain Managements mündet in folgendem Begriffsverständnis (Sucky, 2022): Supply Chain Management beschreibt die an den Kundenbedürfnissen ausgerichtete, kooperative Planung, Steuerung und Kontrolle von produkt- oder produktgruppenbezogenen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken mit dem Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit sowohl der einzelnen Supply Chain-Akteure als auch der gesamten Supply

Chain zu erhöhen. Supply Chain Management umfasst dabei sowohl die zielgerichtete Gestaltung der Supply Chain als auch die zielgerichtete Koordination der Prozesse in der Supply Chain.

Die mit dem Supply Chain Management verfolgten Ziele reichen von der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit einzelner Supply Chain-Akteure oder der gesamten Supply Chain (z. B. Kotzab, 2000; Asdecker, 2014; Stadtler, 2015), über die Erhöhung des Endkundennutzens (z. B. Heusler, 2004; Corsten/Gössinger, 2008) und Kostensenkung (z. B. Hahn, 2000; Heusler, 2004; Kotzab, 2000) bis hin zur Realisierung von Zeit- oder Qualitätsvorteilen (z. B. Hahn, 2000; Heusler, 2004). Schönsleben (2011) hebt, neben den genannten Qualitäts-, Zeit-, und Kostenzielen, insbesondere den Zielbereich „Unternehmerische Zusammenarbeit“ hervor. Damit wird herausgestellt, dass Kooperation, Kollaboration, Koordination und Integration der Supply Chain-Akteure erst die Basis für eine erfolgreiche Supply Chain bilden. Darüber hinaus gilt, dass Supply Chains langfristig nur dann erfolgreich sind, wenn sie neben den Fähigkeiten Agilität, Anpassungsfähigkeit (Adaptability) und Alignment,[9] auch flexibel, robust, reaktionsfähig und resilient sind (Stevens/Johnson, 2016). Insbesondere die vorstehende Aufführung der Ziele offenbart, dass soziale, ökologische, ethische oder moralische Aspekte zunächst keine explizite Rolle im Supply Chain Management spielen. Im Folgenden soll eine real existierende Supply Chain aber gerade hinsichtlich dieser Aspekte analysiert werden.

3 Supply Chains für Tomatenprodukte

Das weltweite Handelsvolumen verarbeiteter Tomaten belief sich im Jahr 2019 auf ca. 4,5 Milliarden Dollar, wobei Deutschland mit knapp einer halben Milliarde Dollar den größten Importeur der entsprechenden Produktkategorie darstellte (OEC, 2019).

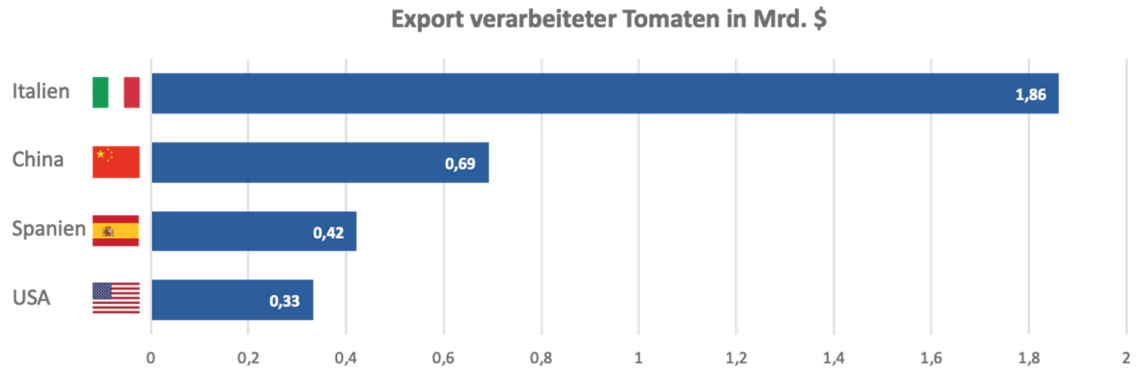


Abbildung 1: Export verarbeiteter Tomaten in Mrd. $
(Quelle: In Anlehnung an OEC, 2019)

[9] Eine Supply Chain gilt als agil, wenn sie insbesondere schnell auf Änderungen von Angebot und Nachfrage reagieren kann. Dies setzt voraus, dass die Vorbedingungen für eine Anpassungsfähigkeit (Adaptability) gegeben sein müssen. Angleichung (Alignment) beschreibt den Prozess der Abstimmung und Abgleichung der Interessen und Ziele der Supply Chain-Akteure (Lee, 2004).

Eine besondere Beachtung verdient in diesem Zusammenhang jedoch Italien, das mit seinen Produkten ein starkes „Country of Origin"-Marketing betreibt und so zum größten Exporteur von verarbeiteten Tomatenprodukten werden konnte (vgl. Abbildung 1). Die drei folgenden Plätze – China, Spanien und USA – erreichen dabei nicht einmal in Summe das Volumen des im Verhältnis kleinen Landes. Dabei fällt auf, dass Italien zwar Exportweltmeister ist, bei der tatsächlichen Tomatenproduktion allerdings nur knapp 11 % der Menge erzeugt, die in China hergestellt wird (Abbildung 2) – und das obwohl in der chinesischen Küche kaum etwas von dem „roten Gold" verarbeitet wird: ca. 2,5 kg/Kopf statt 22,5 kg/Kopf in Westeuropa (Branthôme, 2020). Auch Indien, die USA, die Türkei und Ägypten liegen mit ihrem Produktionsvolumen zum Teil deutlich vor Italien (vgl. Abbildung 2).

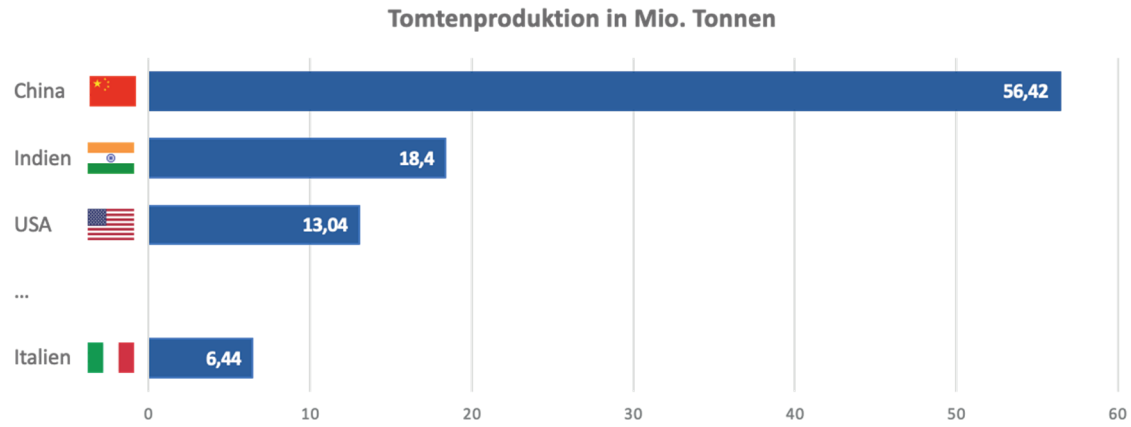


Abbildung 2: Tomatenproduktion in Mio. Tonnen
(Quelle: In Anlehnung an Atlas Big, 2020)

Dieses Bild wandelt sich allerdings recht deutlich, wenn die Masse an verarbeiteten Tomaten betrachtet wird. Hier fällt auf, dass sich Italien hinter den USA, die schwerpunktmäßig für den Heimatmarkt produzieren, auf den zweiten Platz vorschiebt. Den dritten Rang nimmt dabei China ein, das allerdings, gemessen an der Erntemenge, relativ wenige Tomaten der industriellen Verarbeitung zuführt.

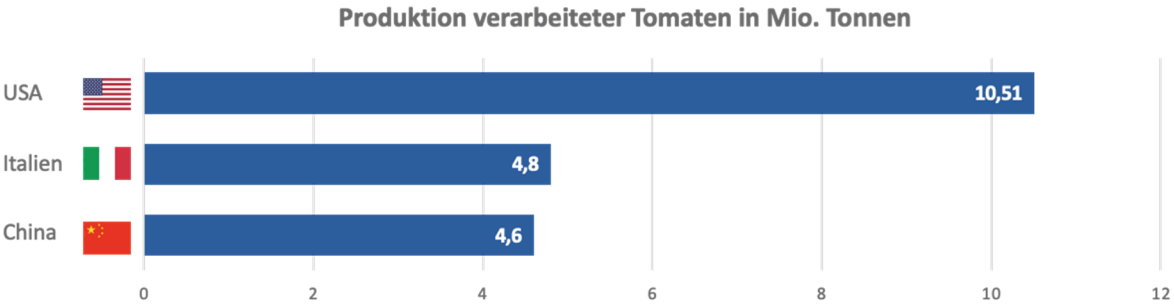


Abbildung 3: Produktion verarbeiteter Tomaten in Mio. Tonnen
(Quelle: In Anlehnung an OlivPro, 2021)

Trotz der verhältnismäßig hohen Pro-Kopf-Produktion von Tomaten kann Italien der Nachfrage an typisch italienischen Produkten wie Tomatenmark, -sauce oder -suppe

nicht vollumfänglich nachkommen. Das Land ist deshalb auf zusätzliche Importe von Vorprodukten zur Weiterverarbeitung angewiesen und setzt dabei überraschenderweise nicht primär auf europäische Nachbarländer, sondern als wichtigsten Importeur auf das geographisch weit entfernte China (Müller, 2021). Auch die USA und Chile nehmen Schlüsselpositionen in Italiens Importhandel ein.

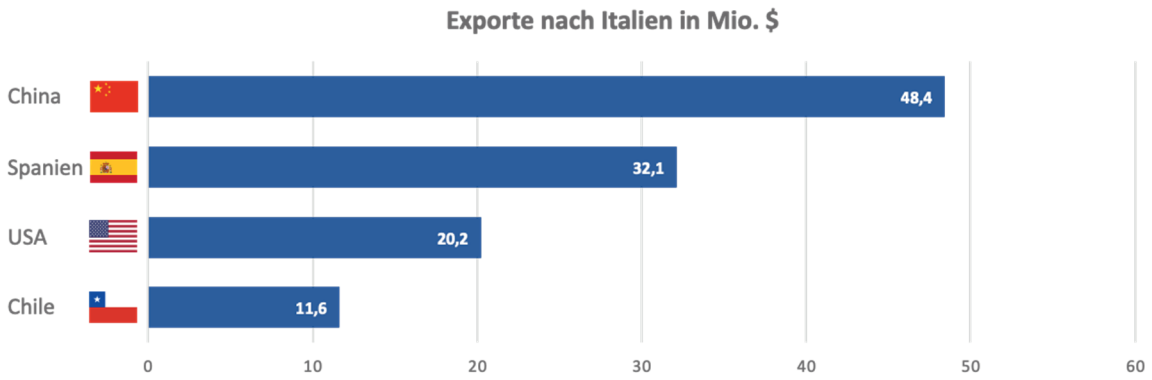


Abbildung 4: Exporte von verarbeiteten Tomaten nach Italien in Mio. $
(Quelle: In Anlehnung an OEC, 2019)

Auch die größten Produzenten von Tomatenprodukten bilden die oben genannten Marktkonstellationen in einer vergleichbaren Länderverteilung ab (Tabelle 1). So finden sich innerhalb der Top 10, die bereits 35 % der weltweiten Produktion ausmachen, fünf US-amerikanische Unternehmen. Weiterhin fällt bei Betrachtung der Top 50 auch eine überproportionale Vertretung von chinesischen (7 Produzenten) und italienischen (8 Produzenten) Unternehmen auf (Colvine/Branthôme, 2021).

Unangefochtener Spitzenreiter mit einem mehr als doppelt so hohen Volumen wie die zweitplatzierte chinesische Firma „Cofco Tunhe Tomato“ ist der Produzent „Morning Star“ mit Sitz in Kalifornien. Das Unternehmen setzt dabei auf stark automatisierte Prozesse und hält den ersten Platz der Branche mit nur 70 Mitarbeitern pro Schicht (Deleu/Malet, 2020). Doch auch die Zweitplatzierten stellen seit bereits 20 Jahren eine Supermacht in der Tomatenindustrie dar und beliefern Kunden in über 130 Ländern, darunter nach eigener Aussage bekannte Abnehmer wie Unilever, Heinz und Nestlé. Das für den Erfolg benötigte Wissen und Equipment erhielt die Geschäftsführung damals von Italienern, die die günstigen Arbeitsmarktbedingungen in China als Chance ansahen (Deleu/Malet, 2020; Wachter, 2020; Lawder/Pamuk, 2020). Auf dieses wertvolle Know-how kann auch der Tomatenproduzent „Mutti“ zurückgreifen, der als einziges italienisches Unternehmen in den Top 10 der größten tomatenverarbeitenden Unternehmen vertreten ist.

Der Herstellungsprozess von Tomatenmark – welches im Anschluss für viele weitere Tomatenprodukte als Grundlage dienen kann – ist dabei recht simpel aufgebaut. So werden die frisch vom Feld gepflückten Tomaten zuerst gewaschen, Pflanzenreste entfernt und grüne oder beschädigte Exemplare aussortiert. Anschließend werden die übrig gebliebenen Tomaten zerkleinert und erhitzt. Hierbei existieren grundsätzlich

zwei verschiedene Verfahren: das Cold-Break-Verfahren, bei dem die Tomaten auf 65–75 °C erhitzt werden und das vor allem für hoch konzentrierte Pasten verwendet wird sowie das Hot-Break-Verfahren, bei dem eine Temperatur von 85–100 °C vorgesehen ist und das ideale Bedingungen für die spätere Herstellung von Ketchup oder Soßen liefert. Nachfolgend wird die Masse passiert, wobei sie durch Siebe gedrückt wird, um so Schale und Kerne zu entfernen und das Fruchtfleisch zu extrahieren. Abschließend werden die Tomaten unter Hitze und Vakuum eingedickt und aseptisch verpackt. Falls keine aseptische Verpackung möglich ist, wird das Produkt noch pasteurisiert, um haltbar gemacht zu werden (Agroconscious, 2018 und Mutti, 2022).

Rang	Firma	Land	Geschätzte Produktion in Tonnen (2020)
1	Morning Star	USA	4.000.000
2	COFCO Tunhe Tomato	China	1.770.000
3	Sugal Group	Portugal	1.466.938
4	Ingomar Packing Company	USA	1.315.903
5	Conesa	Spanien	1.068.000
6	JG Boswell	USA	860.000
7	Los Gatos	USA	830.000
8	Campbell	USA	780.000
9	Agrofusion	Ukraine	710.000
10	Mutti	Italien	660.000

Tabelle 1: Größte tomatenverarbeitende Firmen – Schätzwerte
(Quelle: In Anlehnung an Colvine/Branthôme, 2021)

Wie viele Tomaten für den Herstellprozess notwendig sind, ist von der benötigten Konzentration an Feststoff (auch Brix genannt) abhängig. Tomaten vom Feld haben einen Anteil von ca. 5 % Feststoff, das spätere Tomatenmark in der Regel zwischen 28–38 %. Für 1 kg 2-fach konzentriertes Tomatenmark (ca. 28 % Brix) werden demnach beispielsweise 5,6 kg frische Tomaten benötigt (Agroconscious, 2018).

Trotz dieses enormen Bedarfs an der roten Frucht sinken die Preise für Tomatenprodukte. So sind 100 g 3-fach konzentriertes Tomatenmark schon ab 0,22 € erhältlich.[10] Gleichzeitig besteht eine hohe Nachfrage an qualitativ hochwertigen italienischen Produkten. Damit stehen die Produzenten vor dem Dilemma, sich einerseits in einem recht preissensitiven Markt dem Wettbewerb stellen zu müssen und andererseits zumindest den Anschein einer hohen Qualität zu vermitteln. Um diesen fast schon diametralen Anforderungen begegnen zu können, wurden in den letzten Jahren globalisierte Supply Chains etabliert, mit denen günstige Vorprodukte aus dem Ausland beschafft und somit Preispotenziale ausgeschöpft werden können. Gleichzeitig kann häufig beobachtet werden, dass italienische Produzenten recht freizügig ihre Marken

[10] https://www.supermarktcheck.de/product/26175-netto-tomatenmark-beste-ernte.

mit dem Label „Made in Italy“ deklarieren, was allerdings zuletzt vermehrt auf Kritik stößt. So kann der Zusatz „Made in Italy“ zum einen bedeuten, dass sowohl Ernte, (Vor-)Verarbeitung sowie Zugabe von Kräutern bzw. Wasser in Italien stattfanden. Zum anderen ist hierfür teilweise die alleinige Zugabe von Kräutern oder Wasser in Italien ausreichend. Dabei werden die Tomaten in China – insbesondere in Xinjiang – abgeerntet, vorverarbeitet und anschließend für die letzte Produktionsstufe nach Italien transportiert. Auch der dort verhältnismäßig geringe Arbeitsaufwand reicht dann schon aus, um Italiens Branding verwenden zu dürfen und damit höhere Preise auf dem Markt zu erzielen (SWR Marktcheck, 2019; Müller, 2021 und Deleu/Malet, 2020).

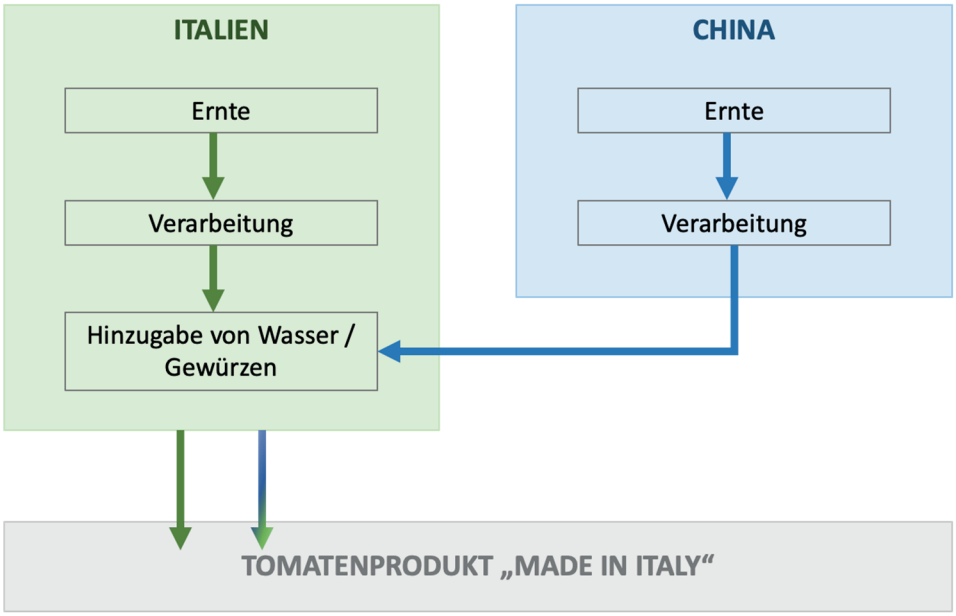


Abbildung 5: Supply Chains für Tomatenprodukte „Made in Italy“

In seinem Buch „Das Tomatenimperium“ zeigt der französische Journalist und Autor Jean-Baptiste Malet die komplexen Zusammenhänge der industriellen Produktion von Tomatenprodukten auf, welche von dem „Verein Filme für die Erde“ [11] zusammenfassend in der folgenden Grafik dargestellt werden (Malet, 2018).

[11] https://filmsfortheearth.org/.

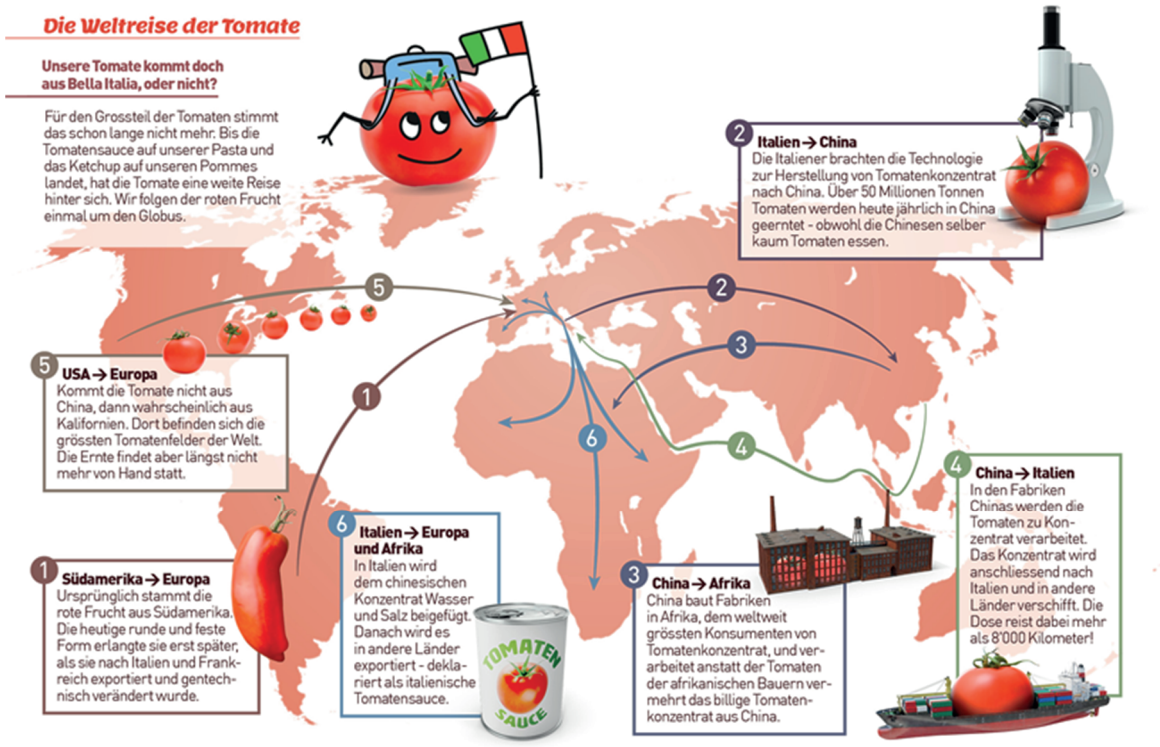


Abbildung 6: Die Weltreise der Tomate
(Quelle: https://blog.filmefuerdieerde.org/die-weltreise-der-tomate/)

4 Betriebswirtschaftliche Analyse der Supply Chain für Tomatenprodukte

Nachdem im zweiten Kapitel insbesondere die diffizilen Handelsbeziehungen im weltweiten Markt für verarbeitete Tomaten skizziert wurden, sollen im nachfolgenden dritten Kapitel diese Warenflüsse inklusive der Vor- und Weiterverarbeitung in einer End-to-End-Sicht (von der Rohstoffproduktion bis hin zum Regal im Einzelhandel) unter betriebswirtschaftlichen Aspekten analysiert werden.

Analog zu nahezu allen Branchen erweist sich das den Warenflüssen zugrundeliegende Supply Chain Management-Gefüge aufgrund der globalen Dimension als überaus komplex mit zahllosen Ausprägungen an Lieferanten, Verarbeitern, Abnehmern und entsprechenden Logistikketten. Diesem Umstand sowie der mangelnden Datenverfügbarkeit ist geschuldet, dass an dieser Stelle eine betriebswirtschaftliche Bewertung lediglich unter folgenden Einschränkungen vorgenommen werden kann:

- Eine Bewertung auf der Ebene von Einzelunternehmen ist hier weder möglich noch aufgrund der gesamthaften Betrachtung der Supply Chain zielführend.
- Die Vielzahl der beteiligten Marktteilnehmer im globalen Kontext verlangt nach einer Konzentration auf „typische“ SCM-Konstellationen. Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend insb. die chinesische und italienische Route näher betrachtet (siehe Abbildung 5).

Auch wenn – wie nachfolgend abgeleitet wird – wohl in erster Linie Kostensenkungspotenziale und somit finanzwirtschaftliche Kennzahlen im Fokus des SCM-Einsatzes stehen, bietet es sich an, die betriebswirtschaftliche Bewertung multidimensional zu betrachten. Als Ausgangspunkt kann hierfür der als klassisch geltende Ansatz der Balanced Scorecard (BSC) nach Kaplan & Norton dienen (Kaplan/Norton, 1992). Die wesentlichen Vorzüge der BSC liegen in:

- der Erweiterung der rein finanzwirtschaftlichen Bewertung von Unternehmen, sowie
- der Darstellung von kausalen und temporalen Wirkungsbeziehungen zu vorgelagerten Kennzahlendimensionen, die den Output (finanzwirtschaftliche Dimension) positiv oder negativ beeinflussen.

Die generelle Eignung der BSC für eine umfassende Bewertung von SCM spiegelt sich in einer diesbezüglich weit verbreiteten Adaption dieses Ansatzes wider (z. B. Bhagwat/Sharma, 2007; Brewer/Speh, 2000 und Bigliardi/Bottani, 2010). In nachfolgender Tabelle werden die zentralen Dimensionen der klassischen BSC inklusive ausgewählter exemplarischer Kennzahlen (im Sinne von Key Performance Indicators) knapp skizziert und sollen als Ausgangspunkt für die betriebswirtschaftliche Evaluation der globalen Supply Chains im Kontext verarbeiteter Tomaten gelten.

Perspektive	Exemplarische strategische Ziele	Exemplarische Kennzahlen
Finanzperspektive	• Gewinnsteigerung	• Umsatz, Kosten, Gewinn Deckungsbeiträge
Kundenperspektive	• Kundenzufriedenheit erhöhen • Marktanteile ausbauen	• Markentreue & Markenbekanntheit • Marktanteil & Share of Wallet
Prozessperspektive	• Supply Chain Cycle Time verringern • Produktivität erhöhen	• Transportzeit, Liegezeit etc. • Picks pro Stunde
Lern- und Entwicklungsperspektive	• Innovationsstärke erhöhen	• Mitarbeiterzufriedenheit (z. B. auf Basis Fluktuation, Krankheitstage) • Anzahl Verbesserungsvorschläge, Anzahl Weiterbildungstage

Tabelle 2: Exemplarische Balanced Scorecard zur Supply Chain der Tomatenverarbeitung

Die vorstehende Tabelle zeigt die zentralen Dimensionen der BSC auf, wobei an dieser Stelle nur wenige Kennzahlen exemplarisch genannt werden sollen und auch der SCM-Bezug nur fragmentarisch berücksichtigt wird. In Kapitel 4 sollen diese Problematiken allerdings näher betrachtet und die Balanced Scorecard um aktuelle Anforderungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit erweitert werden.

Vor dem Hintergrund der avisierten globalen Bewertung der Supply Chains für verarbeitete Tomaten soll ab hier mit der zentralen Annahme weitergearbeitet werden, dass die Ausgestaltung der „Tomaten-Supply Chains“ ganz primär effizienz- und kostengetrieben erfolgt. Somit sollen auch drei der zentralen Dimensionen an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden, obwohl sie insb. auf Einzelunternehmensebene

von großer Relevanz sind – jedoch nur marginal bzw. indirekt die Kosten- und Effizienzsituation in den hier betrachteten Logistikketten beeinflussen:

- Aus der **Lern- und Entwicklungsperspektive** heraus erwächst die Innovationskraft der Unternehmen mittels der Motivation und der Lernbereitschaft der Mitarbeiter. Dies ist unbestritten in nahezu allen Branchen eine notwendige Basis, um im Wettbewerb bestehen zu können – in einer solch niedrig technologisierten und wenig innovativen Branche wie der hier betrachteten Tomatenverarbeitung kann diese Dimension jedoch als relativ unbedeutend eingestuft werden.
- Wie schon oben erläutert, unterstellen wir der Branche Prozesse, die sich historisch bewährt haben und somit hoch standardisiert sind. Weder die einfachen Verarbeitungsprozesse noch die typischen Logistikprozesse weisen außergewöhnliche Spezifika auf, so dass auf eine detaillierte Diskussion der **Prozessperspektive** an dieser Stelle verzichtet werden kann.
- Ebenso soll an dieser Stelle die **Kundenperspektive** nicht näher betrachtet werden. Ausgangspunkt hierfür ist die plausible Annahme, dass sich der Markt für Tomatenprodukte seit vielen Jahren in einer Sättigungsphase befindet. Einzelne Unternehmen mögen hier über eine geschickte Markenpositionierung von Marktanteilsverschiebungen profitieren. Man kann jedoch davon ausgehen, dass sich der Markt weniger über die Produktqualität (die der einfachen und standardisierten Verarbeitung wegen als recht homogen eingeschätzt werden kann), sondern vielmehr über den Verkaufspreis definiert.

Vor dem Hintergrund obiger Eingrenzungen soll an dieser Stelle lediglich ein Blick auf die verbleibende Dimension der BSC geworfen werden – die **Finanzperspektive**.

Im Mittelpunkt dieser Dimension stehen die Erhöhung der Effizienz und damit eng verbunden die Reduzierung der anfallenden Kosten. Diese Konzentration auf Kosteneffekte liegt in den branchenspezifischen Rahmenbedingungen und v. a. damit verbundenen überschaubaren Handlungsoptionen begründet.

Wie oben bereits angeführt, unterstellen wir der Branche der Tomatenverarbeitung einen einfachen, automatisierten Verarbeitungsprozess – dies gilt in vielen Bereichen der Lebensmittelindustrie. Betrachtet man zusätzlich den geringen Innovationsgrad der Produkte sowie den hohen Reifegrad in der Branche, lässt sich plausibel unterstellen, dass die Effizienzpotenziale innerhalb der Verarbeitungsprozesse für Tomatenprodukte nahezu ausgeschöpft sind.

Analog lassen sich nicht nur auf der Prozessseite, sondern gleichsam auf der Absatzseite aufgrund der hohen Standardisierung der Angebotspalette keine echten Produktinnovationen und somit auch kaum eine überlegene Angebotspreisposition für einzelne Anbieter erzielen. Die Anbieter sind lediglich in der Lage, durch einen (kostspieligen) Markenaufbau eine verbesserte Absatzpreispositionierung zu erreichen, so

dass sich auch hier die Handlungsoptionen der Anbieter (wie auch schon bei der Prozessausgestaltung) äußerst limitiert darstellen.

Angesichts dieser angestellten Überlegungen erscheint es plausibel, anzunehmen, dass sich dem Marktteilnehmer im Wettbewerbsumfeld der verarbeiteten Tomaten nur äußerst überschaubare Optionen eröffnen, um seinen Gewinn zu maximieren. Wenn – wie oben erläutert – der Absatzpreis nur relativ wenig Anpassungsspielraum bietet sowie auch die reinen Verarbeitungsprozesse kaum mehr Effizienzpotenziale versprechen, werden die Produzenten gezwungen, sich auf die Kostenpotenziale der Rohstoffproduktion und deren Erschließung zu konzentrieren (hier: Ernte und Verarbeitung), um diese ausschöpfen zu können. Vor diesem Hintergrund ist es nur nachvollziehbar, dass italienische Tomatenverarbeiter ihren Blick auf Niedriglohnländer wie China lenken, um von den dort lokal niedrigeren Kosten zu profitieren.

So wird in Italien für eine Tätigkeit ohne benötigte Berufsausbildung (wie es bei Lohnarbeitern in der Landwirtschaft der Fall ist) ein durchschnittlicher Bruttolohn von 2.035 € angesetzt, während chinesische Produzenten entsprechenden Mitarbeitern umgerechnet nur etwa 1.200 €[12] zahlen (Döhne, 2021 und Otte, 2021).

Entgegen dem westlichen Verständnis von Privatwirtschaft ist Chinas Umgang mit Landeigentum deutlich komplexer und unterlag in den letzten Jahren immer wieder Neuerungen. Allgemein lässt sich sagen, dass der Staat urbanes Land in China unter Eigentum hält und dieses ausschließlich verpachtet. Landwirtschaftliche Flächen hingegen werden kollektiv von Bauern besessen und unterliegen seit 2013 der „Drei-Rechte-Trennung“, die den Bauern mehr Rechte zugesteht und Anreize schafft, das Landbewirtschaftungsrecht (nicht allerdings das Vertragsrecht) an groß angelegte landwirtschaftliche Betriebe zu übertragen (Fuller et al., 2021). Die Pachtkosten stiegen die letzten Jahre unter anderem deshalb um ein Vielfaches und erreichten 2016 circa 80,25 €/ha[13] (Hirsch et al., 2020). Trotz dieses Anstieges halten Italiens Pachtkosten mit mehr als dem Zehnfachen (819 €/ha) dagegen und belegen damit sogar im gesamteuropäischen Vergleich den zweiten Platz (Wecker, 2021).

Im Gesamten betrachtet unterscheidet sich die Kostensituation in der Tomatenproduktion zwischen Italien und China – wie in Abbildung 7 dargestellt – eklatant. Bei Unterstellung von vergleichbaren Produktionskosten (z. B. ähnliche Kosten für Maschinenanlagen) wird klar ersichtlich, dass China fundamental größere Einsparungspotenziale gegenüber Italien ausschöpfen kann. Selbst bei Berücksichtigung der Transportkosten von China nach Europa können so für die italienischen Produzenten noch immer überaus günstige Einkaufskosten realisiert werden, die eine sinnvolle Ausweitung der regionalen Eigenproduktion vorteilhaft erscheinen lassen.

[12] Auf Basis von Exchange Rates: 1 CNY = 0.137874 EUR (https://exchangerates.org/1-cny-to-eur).

[13] Umrechnungsfaktoren: 1 ha = 15 mu, 1 EUR = 7,20 CNY (Stand 28.12.2021).

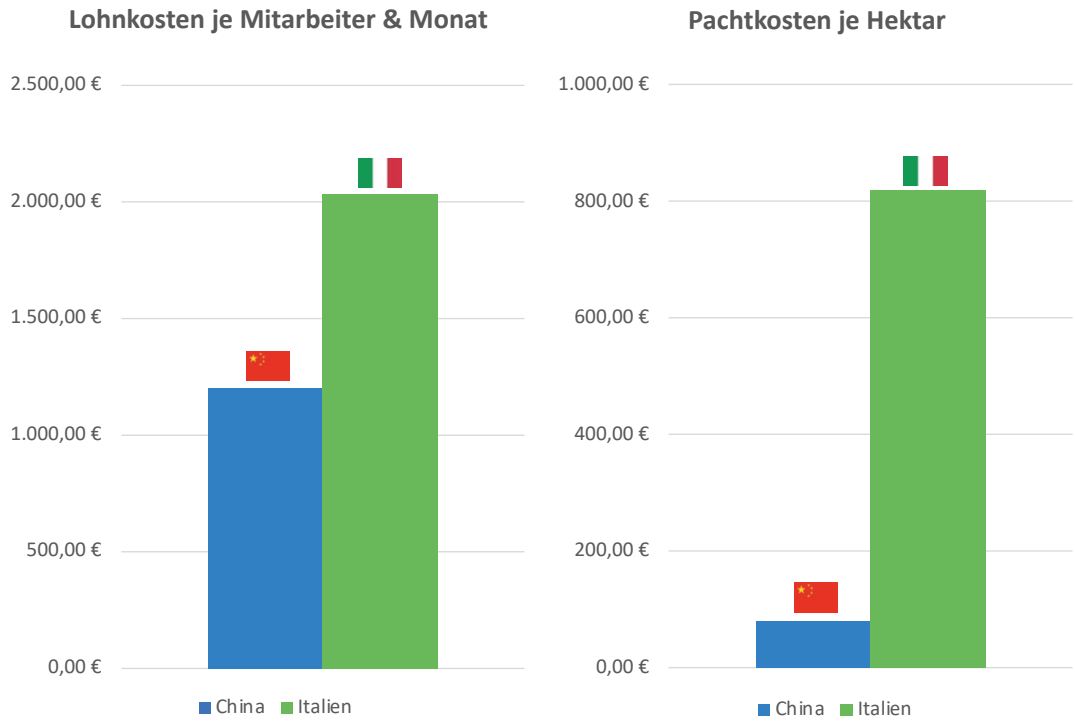


Abbildung 7: Lohn- und Pachtkosten im Vergleich China/Italien

Vor dem Hintergrund obiger Ausführungen kann konstatiert werden, dass die betrachtete globale Supply Chain aus einer finanzwirtschaftlichen Perspektive durchaus effizient und somit logisch gestaltet erscheint. Chinesische Landwirte profitieren aufgrund ihrer realisierten niedrigen Herstellungskosten. Italienische Produzenten profitieren von günstigen Einkaufspreisen und dadurch höheren Gewinnen. Europäische Einzelhändler und Kunden profitieren von günstigen Produkten mit vermeintlich guter Qualität.

Oberflächlich betrachtet erscheint die regionale italienische Eigenproduktion und auch die globalisierte chinesische Supply Chain also gerade aus finanzwirtschaftlichen Überlegungen heraus innerhalb der Branche als durchaus vernünftig und nachvollziehbar. Ein tiefergehender Blick offenbart jedoch, dass – nicht nur, aber insbesondere – in der Tomatenwirtschaft noch viele Fragen hinsichtlich ethisch-moralischer Verantwortung sowie einer langfristig ausgerichteten ökologischen Verpflichtung in Bezug auf die Nachhaltigkeit nicht nur offen sind, sondern von der Wirtschaft bewusst ausgeblendet werden. Dieser kritischen Diskussion widmet sich Kapitel 5.

5 Ethische und ökologische Analyse der Supply Chain für Tomatenprodukte

Der andauernde Preisverfall für verarbeitete Tomaten (siehe Kapitel 2) kann trotz der schon angesprochenen Kostenreduktionen von den Produzenten nicht mehr getragen werden, die deshalb auf radikalere Einsparmaßnahmen zurückgreifen. Der Einsatz von Ausbeutung und die Konsumententäuschung („Made in Italy“) sind dabei nur

zwei der fragwürdigen Ansätze der Branche. Ebenso werden Umweltschäden wie deutlich erhöhte CO2-Emissionen sowie die Destruktion afrikanischer Märkte in Kauf genommen, um den Marktanforderungen gerecht zu werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt anhand der in Kapitel 2 bereits vorgestellten Supply Chain für Tomatenprodukte ausgewählte Problemfelder auf, die im Folgenden näher betrachtet werden.

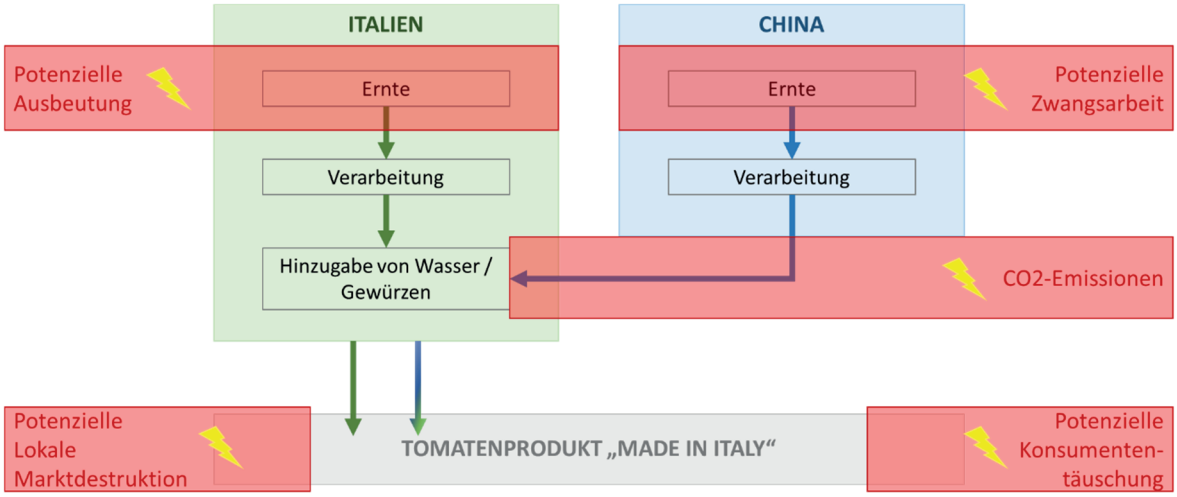


Abbildung 8: Supply Chain von Tomatenprodukten „Made in Italy“ unter Berücksichtigung ethischer und ökologischer Aspekte

Ausbeutung bei der Ernte in Italien: In letzter Zeit häufen sich kritische Berichte und Reportagen über die Arbeitsbedingungen bei der Tomatenernte in Süditalien (Klaubert, 2018; Ladurner, 2018; Kitzler, 2017). Besonderes Augenmerk gilt dabei den gemessen an europäischen Standards fragwürdigen Lebensumständen der Erntehelfer. Ein Großteil dieser Helfer kommt aus Afrika und landet in Italien als initialem Anlaufpunkt der EU. Dort müssen sie auf Verfahren und Untersuchungen bezüglich ihrer Asylanträge warten und müssen häufig vorübergehend Arbeit finden, um ihr Existenzminimum zu sichern. Sogenannte „Caporale“ haben sich darauf spezialisiert, eben jenen Menschen Arbeit anbieten zu können, indem sie sie an Landwirte weitervermitteln. Dafür und für Transport und Wasser verlangen sie einen Großteil des sowieso schon sehr geringen Lohns, welchen der Arbeiter verdient (z. B. 10 € von 14 € Tageslohn) (DW, 2019). Die tägliche Arbeitszeit beträgt hierbei nicht selten 14 Stunden oder mehr und sorgte zusammen mit den menschenverachtenden Bedingungen auf dem Feld sogar bereits für Todesopfer durch Erschöpfung (Deleu/Malet, 2020; Kerner, 2015). Während der Erntesaison leben die Erntehelfer in Ghettos gleichenden Ansiedlungen nahe der Felder, die meist weder Strom- noch Wasseranschlüsse bieten. Mobil sind sie nur durch die von den Caporale organisierten Transporte zum Feld, die zuletzt in den Medien für erhöhte Aufmerksamkeit sorgten. Der Grund hierfür sind die vermehrten Unfälle der maßlos überfüllten Transporter mit mutmaßlich Dutzenden an Todesopfern (Ladurner, 2018).

Zwangsarbeit bei der Ernte in China: Die in Westchina gelegene Region Xinjiang erhielt bereits seit längerem mediale Aufmerksamkeit für ihre menschenunwürdigen Bedingungen und für den Einsatz von Zwangsarbeitern bei der Ernte von Baumwolle. Relativ neu dabei sind allerdings die Vorwürfe von ähnlich kritikwürdigen Umständen bei der Ernte von Tomaten. Trotz rechtfertigender Aussagen Chinas, dass in Xinjiang lediglich Maßnahmen zur Armutsbekämpfung stattfinden, haben die USA zuletzt ein Importverbot für Baumwolle und Tomaten aus der Region ausgesprochen (Böge, 2021; Diekmann, 2020 und Lawder/Pamuk, 2020). Grundlage hierfür ist der schwerwiegende Verdacht, dass die muslimische Minderheit der Uiguren in Lagern indoktriniert und zur Arbeit auf den Feldern gezwungen wird (Diekmann, 2020 und OHCHR, 2021). In seiner Reportage „Rotes Gold – Die Geheimnisse der Tomatenindustrie“ (original: „L’empire de l’or rouge“) spricht der Autor Jean-Baptiste Malet unter anderem mit chinesischen Feldarbeitern und erfährt dabei, dass sie lediglich 0,01 €/kg handgeernteter Tomaten erhalten. Diese als moderne Form der Sklaverei erscheinenden Arbeitsumstände versprechen den Landwirten dabei wohl die billigstmögliche Form der Ernte (Müller, 2021; Deleu/Malet, 2020).

Marktdestruktion Ghanas: Grundsätzlich verfügt Ghana aufgrund seiner für den Tomatenanbau hervorragend geeigneten Böden über beste Voraussetzungen für reichhaltige Ernten (Sasse/Schock, 2020). Trotz dieser exzellenten Ausgangsbasis kann die ghanaische Agrarwirtschaft seit einigen Jahren nicht mehr so profitabel produzieren, dass sie gegenüber ausländischen Importen wettbewerbsfähig bestehen kann. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass ausländische Anbieter von Tomatenprodukten (insb. China, EU, USA) durch Subventionen und gelockerte Zollschranken überproportional profitieren und so mit ihren Billigimporten den heimischen Markt überfluten. Verstärkt wird diese für die ghanaischen Bauern dramatische Entwicklung durch die Tendenz, dass chinesische Konzerne neue tomatenverarbeitende Produktionsbetriebe in Ghana ansiedeln, wobei sie den einheimischen Angestellten lediglich etwa ein Viertel des sowieso schon niedrigen Lohnes für chinesische Arbeiter zahlen (ca. 100 €/Monat). Die Folgen dieser Ausbeutung erscheinen besonders zynisch, da viele der ghanaischen Landarbeiter aus ihrer wirtschaftlichen Not heraus nach Italien flüchten und dort mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in die Fänge des oben beschriebenen Caporalato-Systems gelangen (Sasse, 2021; Deleu/Malet, 2020).

CO2-Emissionen durch Transporte von China nach Italien: Grundsätzlich gilt in unserer heutigen, globalisierten Wirtschaft – also nicht nur für die hier betrachtete Tomaten-Supply Chain –, dass zunehmend internationale Wirtschaftsbeziehungen aufgebaut und damit einhergehend auch immer längere Transportketten etabliert werden. Da generell gilt, dass für jede Bewegung einer Ware über eine bestimmte Strecke Energie verbraucht wird, sind solch lange Lieferketten mit ökologischen Kosten verbunden.

So werden z. B. für den Landtransport von nur einer Tonne vorverarbeiteter Tomaten vom Anbaugebiet Xinjiang zum Frachthafen Shenzhen in China, dem Seeweg nach Genua und dem Weitertransport über Land zu einer Produktionsanlage in Parma zur Weiterverarbeitung insgesamt etwa über 2.500 kg CO2 sowie ca. 35 kg Stickstoffe und nahezu 3 kg Schwefelstoffe ausgestoßen.[14] Solange es für Unternehmen günstiger ist, ihre (Vor-)Produkte auch aus weit entfernten Ländern zu importieren und somit ihre Produktionskette kosteneffizient betreiben zu können, wird sich an dieser Situation kaum etwas ändern – außer, diese Unternehmen werden durch gesetzliche Vorschriften oder auch durch die Macht der Konsumenten bei der Einkaufsentscheidung zu einer Änderung ihres Geschäftsgebarens bewegt.

Konsumententäuschung: Dass das Herkunftsland eines Produktes die Kaufentscheidung eines Konsumenten beeinflusst, ist inzwischen ein weithin untersuchter sowie bekannter Effekt (z. B. Rezvani et al., 2012). Weiterhin wurden die gegensätzlichen Anforderungen, denen die Produzenten von Tomatenmark ausgesetzt sind – einerseits der ständige Preisdruck und andererseits der Wunsch des Konsumenten nach hoher Qualität – bereits in Kapitel 2 beleuchtet. So ist es nicht verwunderlich, dass ein italienisch behaftetes Produkt wie Tomatenmark verstärkt mit dem „Made in Italy"-Siegel beworben wird – auch wenn die Vorprodukte teils aus China stammen (Deutschlandfunk Nova, o. J.). Die wahre Qualität des Produktes wird dadurch mit dem Bild einer in der italienischen Sonne gereiften und anschließend auf Basis alter Familienrezepte verarbeiteten Tomate aufgewertet. Der Versuch der Produzenten, durch die Verwendung des „Made in Italy"-Siegels, beim Konsumenten die wahrgenommene Qualität klassisch italienischer Produktionsverfahren zu assoziieren, ist zwar unter betriebswirtschaftlichen Aspekten durchaus nicht unüblich, allerdings trotzdem als Täuschung am Verbraucher zu bewerten. Die weit verbreitete Ausnutzung dieser Grauzone wurde mittlerweile auch von der EU erkannt, die am 1. April 2020 eine entsprechende Verordnung erlassen hat, die eine explizite Kenntlichmachung der Herkunft der wesentlichen Zutat eines Produktes verlangt, falls diese nicht mit dem angegebenen Ursprungsland übereinstimmt (BMEL, 2021). Insbesondere ist eine Herkunftskennzeichnungspflicht dann geboten, wenn das Etikett den Eindruck erwecken könnte, das Lebensmittel komme aus einem anderen Ursprungsland oder Herkunftsort (BMEL, 2021). Ein illustratives Beispiel liefert das Tomatenmark der Marke „Gino", dessen Etikett nicht auf das Herkunftsland China bzw. den Produzenten Hebei Tomato Industry Co Ltd. schließen lässt – das Label suggeriert eine italienische Herkunft (Wachter, 2020).

[14] Auf Basis des Eco-Rechners von Kühne & Nagel: https://kn1.ecotransit.org/kuehnenagel/.



Abbildung 9: Tomatenmark „Gino“
(Quelle: https://www.hebeitomatopaste.com/70g-gino-tomato-paste-3644439.html)

Die hier skizzierten Aspekte sind nicht nur von einem gesellschaftlich-moralischen Standpunkt aus, sondern gleichsam auch aus einer unternehmerisch-wirtschaftsethischen Perspektive heraus als überaus beschämend zu beurteilen. Insbesondere vor dem Hintergrund einer sozialen Entwicklung, bei der Konsumenten zunehmend Wert auf nachhaltige Produkte legen und dies bei ihrer Kaufentscheidung berücksichtigen (siehe z. B. Grimm, 2015; Werner, 2016 und Focus, 2019), erscheint eine zusätzliche Fokussierung der Unternehmungen auf Nachhaltigkeitskennzahlen nicht nur als sinnvoll, sondern aufgrund des Konsumentendrucks – zumindest mittel- bis langfristig – als überlebensnotwendig. Doch selbst in ganzheitlichen, mehrdimensionalen Bewertungssystemen wie z. B. der Balanced Scorecard können Strategien und Kennzahlen zur Nachhaltigkeit im Standard nur äußerst rudimentär und somit ungenügend abgebildet werden (z. B. kann ein entsprechender Reputationsschaden der Kundenperspektive zugeschrieben werden). Vor diesem Hintergrund ist es leicht nachvollziehbar, dass eine Negativbeurteilung der Unternehmen aus einer Nachhaltigkeitsperspektive somit ausbleibt und die hier untersuchte Tomaten-Supply Chain durch eine klassische BSC als durchweg effizient eingestuft wird (siehe Kapitel 3).

Es bedarf somit eines erweiterten Kennzahlensystems, welches zusätzlich zu den klassischen Bewertungen (z. B. Finanz- und Prozesskennzahlen) Nachhaltigkeitsaspekte integriert und damit das Risiko von Reputationsschäden und Kundenverlusten proaktiv minimieren kann. Die Erweiterung der Balanced Scorecard zu einer „Sustainability Balanced Scorecard“ (SBSC) ist dabei ein weithin verbreiteter Ansatz, der zwar unterschiedliche Ausprägungen aufweist, jedoch immer das Ziel hat, Nachhaltigkeit innerhalb der bereits bestehenden Dimensionen zu integrieren (Bieker/Waxenberger, 2002; Wittstruck/Teuteberg, 2011 und Hahn/Wagner, 2001). Tabelle 3 zeigt, wie eine SBSC exemplarisch für die betrachtete verarbeitende Tomatenindustrie aussehen könnte.

Perspektive	Exemplarische strategische Ziele	Exemplarische Kennzahlen
Finanzperspektive	• Gewinnsteigerung	• Umsatz, Kosten, Gewinn Deckungsbeiträge
Kundenperspektive	• Kundenzufriedenheit erhöhen • Marktanteile ausbauen	• Markentreue & Markenbekanntheit • Marktanteil & Share of Wallet
Prozessperspektive	• Supply Chain Cycle Time verringern • Produktivität erhöhen	• Transportzeit, Liegezeit etc. • Picks pro Stunde
Lern- und Entwicklungs-perspektive	• Innovationsstärke erhöhen	• Mitarbeiterzufriedenheit • Anzahl Verbesserungsvorschläge, Anzahl Weiterbildungstage
Nachhaltigkeits-perspektive	• Soziale Nachhaltigkeit • Ökologische Nachhaltigkeit • Ökonomische Nachhaltigkeit	• Menschenrechtsindex, Fairer-Lohn-Index etc. • CO2-Verbrauch, Wasserverbrauch etc. • Globaler Kooperationsindex etc.

Tabelle 3: Exemplarische Sustainability Balanced Scorecard

Wird die Supply Chain nun zusätzlich auf ihre Nachhaltigkeit hin untersucht, so sind sowohl soziale (geringe Entlohnung, Menschenrechtsverletzungen) als auch ökologische (lange Lieferwege, hoher CO2-Verbrauch) und ökonomische (nachhaltige Destruktion ausländischer Märkte) Kennzahlen im Tomatenkontext überaus negativ zu bewerten. Diese additive Dimension relativiert somit zumindest ansatzweise die in Kapitel 3 postulierte hohe Effizienz der „klassischen“ BSC-Kennzahlen. Dies gilt umso mehr, da der BSC eine Kausalitätsannahme zugrunde liegt, bei der Kennzahlen aus vorgelagerten Dimensionen entsprechend ihren Ausprägungen verstärkende bzw. abschwächende Einflüsse auf nachgelagerte Dimensionen unterstellt werden. Exemplarisch würden so Menschrechtsverletzungen nicht nur explizit im Kennzahlensystem aufgeführt werden – diese hätten dann z. B. auch einen negativen Einfluss auf die Markenakzeptanz aus der Kundenperspektive, somit einen geringeren Marktanteil und in letzter Konsequenz geringere Umsätze aus der Finanzperspektive.

6 Vom Supply Chain Management zum Sustainable Supply Chain Management

Die vorstehende Analyse zeigt, dass die betrachtete Supply Chain aus einer rein betriebswirtschaftlichen Perspektive effizient und zielführend gestaltet und realisiert wurde. Nachhaltige, moralische oder ethische Gesichtspunkte spielen jedoch keine relevante Rolle. Bezüglich der Nachhaltigkeit wurde bereits eine Erweiterung der Balanced Scorecard zu einer „Sustainability Balanced Scorecard“ (SBSC) vorgeschlagen. Allgemein kann das Konzept des Supply Chain Managements sinnvoll um den Aspekt der Nachhaltigkeit erweitert werden (Wittstruck/Teuteberg, 2011). In der relevanten Literatur findet sich beispielsweise bereits eine Vielzahl von Definitionsansätzen für Nachhaltiges Supply Chain Management. Überblicke zu entsprechenden Definitionen finden sich bei Ahi/Searcy (2015) und Touboulic/Walker (2015). Wird jedoch beachtet, dass sich Supply Chain Management auf Managementaufgaben bezieht und Nachhaltigkeit (im besten Fall) das Ergebnis dieser Managementaufgaben

ist, ergibt sich ein Nachhaltiges Supply Chain Management „[…] while taking goals from all three dimensions of sustainable development, i.e., economic, environmental and social, into account which are derived from customer and stakeholder requirements“ (Seuring/Müller, 2008, S. 1700). Wird die oben angeführte Supply Chain Management-Definition von Sucky (2022) um Nachhaltigkeitsaspekte erweitert, folgt entsprechend: Nachhaltiges Supply Chain Management beschreibt die an den Kundenbedürfnissen ausgerichtete, kooperative Planung, Steuerung und Kontrolle von produkt- oder produktgruppenbezogenen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele.

Wie angeführt, kann Hochschulen neben einer wissenschaftlichen Bearbeitung des Themas Ethik und Nachhaltigkeit im unternehmerischen Handeln auch ein entsprechender Lehr- und Ausbildungsbedarf bzw. -auftrag in diesem Kontext attestiert werden. Obwohl das betriebswirtschaftliche Studium immer wieder dahingehend kritisiert wird, es würde Studierende nicht ausreichend für Fragen der (Wirtschafts-)Ethik sensibilisieren, ist feststellbar, dass die deutschen Hochschulen durchaus reagieren und entsprechende Studieninhalte anbieten (Schwenker et al., 2021). Beispielsweise können hier folgende Studienangebote genannt werden: Sustainability in Business & Economics (Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt), Nachhaltiges Supply Chain Management (Universität Ulm), Sustainable Supply Chain Management (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg), Sustainability and Supply Chain Management (Carl von Ossietzky Universität Oldenburg) oder Sustainable Supply Chain Management (Technische Universität München).

In der Regel wird der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden in die Praxis als integrativer Bestandteil von Forschung und Lehre verstanden. Ein idealtypischer Pfad könnte daher so aussehen, dass zunächst entsprechende Forschungsergebnisse für ein nachhaltiges Management erzeugt werden. Aufbereitete Forschungsergebnisse fließen dann in die Lehre ein, sodass die Lehre als Multiplikator wirkt. In der zukünftigen Berufspraxis der Studierenden wenden sie dieses Wissen an und agieren entsprechend – nachhaltig. Durch die Etablierung von Sustainable Supply Chain Management als Forschungs- und Lehrgebiet der Betriebswirtschaftslehre ist somit ein erster Schritt getan, dass Hochschulen auch in der Betriebswirtschaftslehre ihrer gesellschaftlichen Verantwortung nachkommen.

Die oben angeführten Beispiele fokussieren auf das Thema Nachhaltigkeit. Jedoch stellt sich damit auch die Frage, ob nicht weitergehende, ethische und moralische Problemstellungen im Rahmen des betriebswirtschaftlichen Studiums thematisiert werden müssen? Haben Ausbildungsstätten wie Hochschulen einen viel weitergehenden gesellschaftlichen Bildungsauftrag? Haben Hochschulen gar eine entsprechende Verantwortung für eine ethische, moralische Ausbildung ihrer Studierenden?

7 Verantwortung einer nachhaltigen und ethischen Betriebswirtschaftslehre

Das Supply Chain Management wurde stellvertretend bzw. beispielhaft für die betriebswirtschaftliche Lehre an Hochschulen herangezogen. Es zeigt sich, dass sich Sustainable Supply Chain Management zunehmend zu einem Forschungs- und Lehrgebiet der Betriebswirtschaftslehre entwickelt (Spengler, 2022). Gemäß dem sogenannten Triple-Bottom-Line-Konzept werden ökonomische, ökologische und soziale Aspekte bei der Gestaltung, Planung und Steuerung von Supply Chains berücksichtigt. Es muss jedoch kritisch hinterfragt werden, ob dadurch auch hinreichend moralische und ethische Perspektiven gewürdigt werden.

Ein Ansatzpunkt ist das ethische Leitmotiv die Nachhaltigkeit (Sustainability). Nachhaltigkeit beinhaltet neben dem Erhalt der natürlichen Ressourcen (ökologische Dimension) zwei weitere Grundthemen: (1) das nachhaltige Wirtschaften, das neben der wirtschaftlichen Entwicklung insbesondere eine langfristige Sicherung der Existenzgrundlagen für alle Menschen anstrebt (ökonomische Dimension) und (2) die Verteilungsgerechtigkeit zwischen Individuen und Generationen sowie die Weiterentwicklung von Solidaritäts- und Sozialstaatsprinzipien (soziale Dimension) (Vogt, 2004). Aber was genau ist „gerecht“ oder „solidarisch“? Hier bedarf es weiterer Studieninhalte. Beispielsweise können Studierende im Rahmen des Fachs Unternehmensethik für ethische Fragestellungen sensibilisiert und auf einen späteren Umgang mit ihnen vorbereitet werden (Van Aaken et al., 2011).

Wird das dem Beitrag vorangestellte Zitat von Jonathan Haidt aufgegriffen, der der Ansicht ist, dass Menschen gegen ethische Zumutungen nicht einmal in Laborsituationen aufbegehren, rückt ein weiterer Aspekt in den Vordergrund: der mündige Bürger. Im Kontext der Lehre formuliert Gerten (2016, S. 101): „Um den zerstörerischen Widerspruch zwischen Sagen und Tun zu vermeiden, müssen Freiheit, Autonomie, Würde, Mündigkeit in ihren inneren, moralischen und ihren äußeren, rechtlichen Aspekten nicht nur theoretischer Bildungsgegenstand, sondern auch immanente Grundlage des praktischen Erziehungs-, Unterrichts- und Bildungsvollzuges sein.“ Neben einer Beschäftigung mit ethisch-moralischen und rechtlichen Prinzipien, die auch und gerade für die Wirtschaft von fundamentaler Bedeutung sind, tritt auch eine praktische Ermutigung, mit entsprechender moralischer Gesinnung die wirtschaftliche Realität mitzugestalten. Nachhaltiges Supply Chain Management in Forschung und Lehre kann somit als ein positiver Aspekt gesehen werden, aber, um es mit zu Knyphausen-Aufseß (2022) zu formulieren: „Das Studienangebot sollte deutlich über die klassischen Ökonomieangebote hinausgehen, wenn wir den Charakter unserer Studierenden nicht verderben, sondern einen Beitrag zu einer besseren – nachhaltigeren – Berufspraxis leisten wollen.“

8 Literatur

Agroconscious (2018): Understanding Tomato Paste Processing: How expensive is it?. Abgerufen am 07.01.2022 von: https://agroconscious.github.io/2018-09-29-Understanding-Tomato-Paste-Processing/.

Albach, H. (2007): Betriebswirtschaftslehre ohne Unternehmensethik – Eine Erwiderung, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 77 (2), S. 195–206.

Asdecker, B. (2014): Retourenmanagement im Versandhandel – Theoretische und empirisch fundierte Gestaltungsalternativen für das Management von Retouren, Bamberg.

Atlas Big (2020): Größten Tomaten Produzenten der Welt. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.atlasbig.com/de-de/weltweit-tomaten-produktion.

Barratt, M. (2004): Understanding the meaning of collaboration in the supply chain, in: Supply Chain Management: An International Journal. 9 (1), S. 30–42.

Bekmeier-Feuerhahn, S./Hetze, K./Klapper, R. (2018): Bachelor Betriebswirtschaftslehre im Wandel: Integration der verantwortungsvollen Managementausbildung in die akademische Bildung, in: Raueiser, M./Kolb, M. (Hrsg.), CSR und Hochschulmanagement. Management-Reihe Corporate Social Responsibility, Berlin u. a., S. 47–67.

Bhagwat, R./Sharma, M. K. (2007): Performance measurement of supply chain management: A balanced scorecard approach, in: Computers & Industrial Engineering. Vol. 53, No. 1, S. 43–62.

Bieker, T./Waxenberger, B. (2002): Sustainability Balanced Scorecard and Business Ethics - Developing a Balanced Scorecard for Integrity Management, in: 10th International Conference of the Greening of Industry Network.

Bigliardi, B./Bottani, E. (2010): Performance measurement in the food supply chain: a balanced scorecard approach, in: Facilities. Vol. 28 No. 5/6, S. 249–260.

Böge, F. (2021): Amerikanische Sanktionen: Importverbot für Baumwolle und Tomaten aus Xinjiang. Abgerufen am 07.01.2022 von https://m.faz.net/aktuell/politik/ausland/amerikanisches-importverbot-fuer-baumwolle-und-tomaten-aus-xinjiang-17146428.amp.html.

Branthôme, F.-X. (2020): Worldwide consumption of tomato products, 2018/2019 (part 2). Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.tomatonews.com/en/worldwide-consumption-of-tomato-products-20182019-part-2_2_995.html.

Brewer, P. C./Speh, T. W. (2000): Using the Balanced Scorecard to Measure Supply Chain Performance, in: Journal of Business Logistics. Vol. 21, No. 1, S. 75–93.

BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): EU-weit einheitliche Lebensmittelkennzeichnung, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.bmel.de/DE/themen/ernaehrung/lebensmittel-kennzeichnung/pflichtangaben/lebensmittel-kennzeichnung-wichtigsten-vorgaben-lmiv.html.

Burr, W. (2012): Zur Geschichte der deutschsprachigen Betriebswirtschaftslehre, in: Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V./Burr, W./Wagenhofer A. (Hrsg.), Der Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft, Wiesbaden, S. 121–138.

Carlowitz, H. C. v. (1713): Sylvicultura Oeconomica, Oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht, Kronberg (abrufbar unter: https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb10214444).

Colvine, S:/Branthôme, F.-X. (2021): TOP50 tomato processing companies worldwide in 2020. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.tomatonews.com/en/top50-tomato-processing-companies-worldwide-in-2020_2_1295.html.

Corsten, H./Gössinger, R. (2008): Einführung in das Supply Chain Management. 2. Aufl., München.

Deleu, X./Malet, J.-B. (2020): Rotes Gold: Die Geheimnisse der Tomatenindustrie [Film], Little Big Story. Abgerufen von https://www.zdf.de/dokumentation/zdf-info-doku/rotes-gold--die-geheimnisse-der-tomatenindustrie-100.html.

DW, Deutsche Welle (2019): Sklaverei in Italien. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.dw.com/de/sklaverei-in-italien/av-49514954.

Diekmann, F. (2020): Verfolgung der Uiguren: USA verbieten Einfuhr von Baumwolle und Tomaten aus chinesischer Provinz Xinjiang. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.spiegel.de/wirtschaft/usa-verbieten-einfuhr-von-baumwolle-und-tomaten-aus-chinesischer-provinz-xinjiang-a-bea44744-67d1-491b-954d-ec24afe5dd29-amp.

Döhne, O. (2021): Lohnkosten, GTAI. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.gtai.de/gtai-de/trade/wirtschaftsumfeld/bericht-wirtschaftsumfeld/italien/lohnkosten-261780.

Focus (2019): Agrarkonzern Cargill: Bericht durchleuchtet „das schlimmste Unternehmen der Welt“. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.focus.de/finanzen/news/unternehmen/kinderarbeit-und-rodungen-bericht-deckt-verfehlungen-des-agrarkonzerns-cargill-auf_id_10916604.html.

Frese, E. (1998): Grundlagen der Organisation – Konzept – Prinzipien – Strukturen. 7. Aufl., Wiesbaden.

Fuller, A./Liang, Y./Zhou, C. (2021): Tracing Agricultural Land Transfer in China: Some Legal and Policy Issues, in: Land. Vol. 10, No. 1, S. 58–74.

Gabriel, R./Ernst, D. (2021): Nachhaltige Betriebswirtschaft, in: Ernst, D./Sailer, U./Gabriel, R. (Hrsg.), Nachhaltige Betriebswirtschaft, 2. Auflage, München, S. 17–30.

Gerten, M. (2016): Das Erziehungsziel des mündigen Bürgers im Kontext von Moral und Recht, in: Reheis, F./Denzler, S./Görtler, M./Waas, J. (Hrsg.), Kompetenz zum Widerstand: eine Aufgabe für die politische Bildung, Schwalbach, S. 90–102.

Grimm, K. (2015): Wasser, Babymilch, Kaffeekapseln: Diese Skandale ruinieren Nestlé das Image. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.stern.de/wirtschaft/news/nestlé--die-skandale-der-vergangenen-jahre-6475346.html.

Hahn, D. (1996): PuK, Controllingkonzepte: Planung und Kontrolle, Planungs- und Kontrollsysteme, Planungs- und Kontrollrechnung. 5. Aufl., Wiesbaden.

Hahn, D. (2000): Problemfelder des Supply Chain Management, in: Wildemann, H. (Hrsg.), Supply Chain Management, München, S. 9–19.

Hahn, T./Wagner, M. (2001): Sustainability Balanced Scorecard: Von der Theorie zur Umsetzung, Centre of Sustainability Management, Lüneburg.

Halldórsson, A./Hsuan, J./Kotzab, H. (2015): Complementary theories to supply chain management revisited – from borrowing theories to theorizing, in: Supply Chain Management: An International Journal. Vol. 20, No. 6, S. 574–586.

Heusler, K. F. (2004): Implementierung von Supply Chain Management – Kompetenzorientierte Analyse aus der Perspektive eines Netzwerkakteurs, Wiesbaden.

Hirsch, S./Li, X./Mishra, A. K./Zhang, J. (2020): Factors affecting farmland rental in rural China: Evidence of capitalization of grain subsidy payments, in: Land Use Policy. Vol. 90, 104275.

Höffe, O. (2002): Lexikon der Ethik. 7. neubearb. u. erw. Aufl., München.

Kaplan, R. S./Norton, D. P. (1992): The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance, in: Harvard Business Review. Vol. Januar - Februar, S. 71–79.

Kerner, R. (2015): Saisonarbeiter in Italien: Schuften wie Sklaven. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.fr.de/wirtschaft/schuften-sklaven-11051035.html.

Kitzler, J.-C. (2017): Migranten in Italien: Die neuen Sklaven Europas. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.deutschlandfunk.de/migranten-in-italien-die-neuen-sklaven-europas-100.html.

Klaubert, D. (2018): Die Tomate, Afrika und wir. Abgerufen am 07.01.2022 von https://m.faz.net/aktuell/race-to-feed-the-world/ausbeutung-von-fluechtlingen-bei-der-tomatenernte-in-italien-15776725.amp.html.

Klink, D. (2008): Der Ehrbare Kaufmann: das ursprüngliche Leitbild der Betriebswirtschaftslehre und individuelle Grundlage für die CSR-Forschung, in: ZfB Zeitschrift für Betriebswirtschaftslehre. ZfB-Special Issue 3/2008, S. 57–79.

Kortschak, B. (2012): Die Geschichte der Logistik als betriebswirtschaftliche Disziplin, in: Verband der Hochschullehrer e.V. (Hrsg.); Burr, W./Wagenhofer, A. (Koord.): Der Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft, Wiesbaden, S. 155–161.

Kotzab, H. (2000): Zum Wesen von Supply Chain Management vor dem Hintergrund der betriebswirtschaftlichen Logistikkonzeption – erweiterte Überlegungen, in: Wildemann, H. (Hrsg.), Supply Chain Management, München, S. 21–47.

Ladurner, U. (2018): Italiens moderne Sklaverei. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.zeit.de/politik/ausland/2018-08/erntehelfer-italien-migranten-afrika-sklaverei-modern.

Lawder, D./Pamuk, H. (2020): U.S. pulls back from broad import bans for cotton, tomatoes from China's Xinjiang. Abgerufen am 02.03.2022 von https://www.reuters.com/article/us-usa-trade-china-xinjiang-i-dUSKBN265350.

Lee, H. L. (2004): The Triple-A Supply Chain, in: Harvard Business Review. Vol. 82, No. 10, S. 1–12.

Malet, J.-B. (2018): Das Tomatenimperium. Ein Lieblingsprodukt erklärt den globalen Kapitalismus, Köln.

Michelsen, G./Adomßent, M. (2014): Nachhaltige Entwicklung: Hintergründe und Zusammenhänge, in: Heinrichs, H./Michelsen, G. (Hrsg.), Nachhaltigkeitswissenschaften, Berlin u. a., S. 3–59.

Müller, P. (2021): Tomatenmark und Ketchup: Unsere Tomaten aus der Dose kommen meistens aus China. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.deutschlandfunknova.de/amp/beitrag/tomaten-china-produziert-die-meisten-tomaten-unter-fragwuerdigen-bedingungen.

Mutti, S.p.A. Industria Conserve Alimentari (2022): Concentrato Tomatenmark. Abgerufen am 07.01.2022 von https://mutti-parma.com/de/produktkategorie/tomatenmark.

OEC, The Observatory of Economic Complexity (2019): Processed Tomatoes. Abgerufen am 07.01.2022 von https://oec.world/en/profile/hs92/processed-tomatoes.

OHCHR, Office of the High Commissioner for Human Rights (2021): China: UN experts deeply concerned by alleged detention, forced labour of Uyghurs. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.ohchr.org/EN/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=26957&LangID=E.

OlivPro (2021): Agridata n°15: la production et le commerce de blé dans le monde, Olivier Frey. Abgerufen am 07.01.2022 von https://olivierfrey.com/category/agridata/.

Otte, C. (2021): Lohnkosten. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.gtai.de/gtai-de/trade/wirtschaftsumfeld/bericht-wirtschaftsumfeld/china/lohnkosten-234416.

Rezvani, S./Dehkordi, G. J./Rahman, M. S./Fouladivanda, F./Habibi, M./Eghtebasi, S. (2012): A Conceptual Study on the Country of Origin Effect on Consumer Purchase Intention, in: Asian Social Science. Vol. 8, No. 12, S. 205–215.

Sasse, E. (2021): Displaced: Tomaten und Profitgier – Ghanas Bauern auf der Flucht [Film]. Abgerufen von https://www.dw.com/de/displaced-tomaten-und-profitgier-ghanas-bauern-auf-der-flucht/av-52107138.

Sasse, E./Schock, S. (2020): Wenn Importe arm machen: Tomatenbauern [Film]. Abgerufen von https://www.dw.com/de/wenn-importe-arm-machen-tomatenbauern-in-ghana/av-52102457.

Schanz, G. (2014): Eine kurze Geschichte der Betriebswirtschaftslehre, München.

Schanz, G. (2019): Die BWL-Story. Entwicklungsstadien einer Wissenschaft, München.

Schönsleben, P. (2011): Integrales Logistikmanagement – Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend. 6. Auflage, Berlin.

Schwenker, B./Albers, S./Ballwieser, W./Raffel, T./Weißenberger, B. E. (2021): Erfolgsfaktor Betriebswirtschaftslehre. Was sie leistet und warum wir sie brauchen, München.

Seuring, S./Müller, M. (2008): From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management, in: Journal of Cleaner Production. 16 (15), S. 1699–1710.

Seuring, S. (2022): Umwelt- und Sozialwirkungen in nachhaltigen Wertschöpfungsketten. Abgerufen am 25.03.2022 von https://vhbonline.org/ueber-uns/100-jahre-vhb/100-schlaglichter-der-bwl/umwelt-sozialwirkungen-wertschoepfungsketten.

Spengler, T. S. (2022): Sustainable Supply Chain Management. Bewertung und Gestaltung nachhaltiger Lieferketten. Abgerufen am 25.03.2022 von https://vhbonline.org/ueber-uns/100-jahre-vhb/100-schlaglichter-der-bwl/12012022-sustainable-supply-chain-management.

Stadtler, H. (2015): Supply Chain Management: An Overview, in: Stadtler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.), Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies, Berlin, S. 3–28.

Stevens, G. C./Johnson, M. (2016): „Integrating the Supply Chain … 25 years on“, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. Vol. 46, No. 1, S. 19–42.

Stölzle, W. (2022): Von der Logistik zum Supply Chain Management. Ein Beispiel für Moden und Mythen einer betriebswirtschaftlichen Teildisziplin?. Abgerufen am 25.03.2022 von https://vhbonline.org/ueber-uns/100-jahre-vhb/100-schlaglichter-der-bwl/logistik-scm.

Sucky, E. (2018): Von der Wertschöpfung zum Wertschöpfungsmanagement, in: Ulrich, P./Baltzer, P. (Hrsg.), Wertschöpfung in der Betriebswirtschaftslehre. Festschrift für Prof. Dr. habil. Wolfgang Becker zum 65. Geburtstag, Wiesbaden, S. 343–364.

Sucky, E. (2022): Supply Chain Management, Stuttgart.

SWR-Marktcheck (2019): Das Geschäft mit Tomaten, YouTube, [online]. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.youtube.com/watch?v=ChkpkXAlIyw.

Van Aaken, D./Küpper, H. U./Schreck, P. (2011): Notwendigkeit, Ziele und Inhalte einer Ethik-Ausbildung in der Betriebswirtschaftslehre, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 81 (1), S. 39–62.

Vogt, M. (2004): Das Prinzip der Nachhaltigkeit in ethischer Perspektive, in: Lendi, M./Hübler, K.-H. (Hrsg.), Ethik in der Raumplanung: Zugänge und Reflexionen, Hannover, S. 50–67.

Wachter, D. S. (2020): ZDF-Doku deckt auf: Tomatenmark aus Italien? Italienisch ist nur der Name – wie der Verbraucher getäuscht wird. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.stern.de/genuss/essen/tomatenmark-aus-italien--italienisch-ist-nur-der-name---woher-es-wirklich-kommt-8114068.html.

Weber, H. K. (1980): Wertschöpfungsrechnung, Stuttgart.

Wecker, V. (2021): Pachtpreise: Das kostet der Hektar in Europa, agrarheute. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.agrarheute.com/management/betriebsfuehrung/pachtpreise-kostet-hektar-europa-580475.

Werner, K. (2016): Bayer-Übernahme von Monsanto: Darum ist der Ruf von Monsanto so schlecht, Süddeutsche Zeitung. Abgerufen am 07.01.2022 von https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/bayer-uebernahme-von-monsanto-darum-ist-der-ruf-von-monsanto-so-schlecht-1.3161270.

Wittstruck, D./Teuteberg, F. (2011): Development and Simulation of a Balanced Scorecard for Sustainable Supply Chain Management – A System Dynamics Approach, in: Wirtschaftsinformatik Proceedings 2011.

Zu Knyphausen-Aufseß, D. (2022): Verderben wir den Charakter? Ausbildung und Orientierung in Wirtschaft und Management. Abgerufen am 25.03.2022 von https://vhbonline.org/ueber-uns/100-jahre-vhb/100-schlaglichter-der-bwl/verderben-charakter.

Process Mining im Behältermanagement

Kirsten Nägle

University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt, Ignaz-Schön-Straße 11, 97421 Schweinfurt, kirsten.naegle@student.fhws.de

Prof. Dr. Alexander Dobhan

Leiter der ERP- und FIS-SAP-Labore sowie Professor für Business Process Management & Business Applications an der University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt, Ignaz-Schön-Straße 11, 97421 Schweinfurt, alexander.dobhan@fhws.de

1 Einleitung 35

2 Methodik und Struktur der Literaturanalyse 37

3 Anwendung in Logistik und Mehrwegbehältermanagement 39

4 Process Mining – Theorie, Methoden und Vorgehensmodelle 42

5 Kontextinformationen im Process Mining 46

6 Diskussion und Limitation 48

7 Fazit und Ausblick 49

8 Literaturverzeichnis 50

Abstract:

Zweck: Ziel dieser Arbeit ist es den aktuellen Stand der Forschung im Bereich Process Mining abzubilden und die verschiedenen Anwendungsbereiche und -studien, sowie die in der Literatur verwendeten Process-Mining-Techniken herauszuarbeiten und zu vergleichen. Die Literaturanalyse gibt Aufschluss darüber, inwieweit Process Mining im Speziellen im Mehrwegbehältermanagement und unter der Integration von Kontextinformationen und -bewusstsein Anwendung findet. Die Basis der Analyse bildet die zentrale Forschungsfrage: „Wie können mit Ereignisdaten verknüpfte Kontextinformationen bei der Anwendung von Process Mining im Mehrwegbehältermanagement berücksichtigt werden?".

Methodisches Vorgehen: Um die aktuellen Forschungsthemen im Bereich Process Mining zu ermitteln wurde eine systematische Literaturrecherche mittels ausgewählter wissenschaftlicher Datenbanken, unter Berücksichtigung definierter Ausschlusskriterien, durchgeführt. Für die Analyse werden themenrelevante und aktuelle Veröffentlichungen herangezogen.

Ergebnisse: Im Bereich Mehrwegbehältermanagement und Process Mining wird deutlich, dass nur wenige Veröffentlichungen existieren. Bei der Recherche wurde deshalb auch Literatur aus der Logistik im Allgemeinen berücksichtigt. Deutlich wird die Herausforderung der Datenstrukturierung bei der Anwendung von Process Mining in einem organisationsübergreifenden Prozessumfeld, wie der Logistik. Die Berücksichtigung von Kontextinformationen im Process Mining hat das Potenzial die Process-Mining-Ergebnisse zu verbessern. Kontextbewusstsein wird im Process Mining oft vernachlässigt und diese Literaturanalyse zeigt, dass auf diesem Gebiet noch weiterer Forschungsbedarf besteht.

Einschränkungen/Konsequenzen: Die Analyse zeigt den aktuellen Forschungsstand im Bereich Process Mining und Logistik unter Berücksichtigung von Kontextinformationen. Durch die begrenzte Auswahl an Datenbanken und die fest definierten Suchkriterien ist die Literaturanalyse auf diesen Bereich beschränkt. Weitere Anwendungsfelder von Process Mining werden deshalb nicht berücksichtigt.

JEL Classification: M11, M15

Keywords: Process Mining, Logistik, Mehrwegbehältermanagement, Kontextinformation.

1 Einleitung

Die Akzeptanz und die steigende Nachfrage nach grünen Produkten und Dienstleistungen in der Gesellschaft führt dazu, dass die ökologischen Ziele der Nachhaltigkeit in Zusammenhang mit Logistikkonzepten immer mehr an Bedeutung gewinnen (Ruess & Litauer, 2020). Die Logistikbranche hat aufgrund ihres Wachstums und Umfangs bedeutenden Einfluss auf die Umwelt. Durch das Betrachten der Logistikfunktionen Transport, Lagerung und Verpackung werden Auswirkungen, wie Ressourcenverbrauch, Treibhausgasemissionen und Verpackungsmüll, deutlich (Deckert, 2016). Fortschritte in der Digitalisierung ermöglichen es, die Ressourceneffizienz durch Lieferroutenoptimierung, Vermeidung von Redundanzen im Prozessmodell und die Standardisierung von Abläufen zu verbessern (Hofmann, Ricci & Ansu-Holz, 2020). Die Akzeptanz und die steigende Nachfrage nach grünen Produkten und Dienstleistungen in der Gesellschaft führt dazu, dass die ökologischen Ziele der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit Logistikkonzepten immer mehr an Bedeutung gewinnen (Ruess und Litauer, 2021). Durch die Verwendung von *Mehrwegbehältern* entsteht im Behältermanagement Potenzial zur Einsparung von Ressourcen (Hofmann, Ricci & Ansu-Holz, 2020). Mehrwegbehälter müssen nach der Benutzung für den Transport eines Produkts nicht entsorgt werden, es entsteht kein Verpackungsmüll und die Herstellung neuer Behälter entfällt (Accorsi et al., 2019; Bortolini et al., 2018; Fan et al., 2019). Der Einsatz von Mehrwegbehältern erfordert ein effizientes Behälterflussmanagement unter Berücksichtigung von Handling, Lagerung, Verfügbarkeit und Verfolgbarkeit, sowie dem Leergutmanagement. Ungenaue Verfolgbarkeit oder ineffizientes Handling kann hohe Bestände, Behälterknappheit und Verspätungen verursachen. Herausforderungen sind oft fehlende oder nicht aktuelle Daten zu den Positionen der Behälter (Giubilato, Zhang, & Alfieri, 2019).

Mithilfe von *Process Mining* lässt sich Prozesseffizienz verbessern. Process Mining dient der Entdeckung, Analyse und Verbesserung von Prozessen durch das Extrahieren von relevanten Daten aus Event Logs von Informationssystemen. Neben den eigentlichen Prozessdaten werden in Softwareapplikation sogenannte Event Logs erfasst. Diese beziehen sich auf eine bestimmte Aktivität, einen speziellen Vorgang oder einen Zeitstempel (van der Aalst et al., 2012). Um ein Event Log zu erstellen, müssen erfasste Situationen und Ereignisse in Beziehung gesetzt werden (van der Aalst et al., 2012). Die erfassten Daten müssen identifiziert, zugänglich gemacht und interpretiert werden, um sie für Process Mining nutzen zu können (Knoll et al., 2019). In der Literatur definieren van der Aalst et al. (2012) drei Techniken des Process Mining: „Discovery“, „Conformance Checking“ und „Enhancement“, welche sich in ihren Inputs und Ouputs unterscheiden (van der Aalst et al., 2012).

Grundsätzlich werden bereits vorhandene Daten verwendet, um bestehende Prozesse zu optimieren. In den Veröffentlichungen von van der Aalst et al. zum Verständnis

von Process Mining wird auf einige der Prinzipien und Herausforderungen des Process Mining eingegangen. Eine Herausforderung bei der Prozessanalyse ist die Berücksichtigung des Kontextes, in der die Ereignisse auftreten. So können zum Beispiel zu Beginn einer Analyse zwei Ereignisse nebenläufig auftreten, während diese später nur noch sequenziell geordnet auftreten (van der Aalst et al., 2012). Ein Kontext bezieht sich im Normalfall auf Aspekte einer Situation, die die Ausführung eines Prozesses beeinflussen. Kontextinformationen können Ereignisse sein, die in der Umgebung eines Prozesses auftreten und dessen Zustand beeinflussen, wie beispielsweise Umwelteinflüsse während des Prozesses oder spezifische Eigenschaften, die zu Beginn eines Prozesses bekannt sind. (Ghattas et al., 2014)

Das Erweitern der Ereignisdaten durch zusätzliche Kontextinformationen, hat das Potenzial, die durch Process Mining erzielten Analysen zu verbessern (van der Aalst 2016, 319). Im Bereich Logistik finden sich neben den eigentlich beobachteten Prozesseinformationen zusätzlich verfügbare Informationen, welche für die Aufnahme von kontextbezogenen Merkmalen geeignet sind. Kontextinformationen können beispielsweise Zeit, Örtlichkeit und Häufigkeit eines Ereignisses sein (Becker und Intoyoad, 2017). Tritt zum Beispiel ein Ereignis einmal auf, kann es eine andere Bedeutung als bei wiederkehrendem Eintreten haben.

Aus den bisherigen Erläuterungen folgt eine hohe Relevanz für die Betrachtung von Process Mining unter Berücksichtigung von Kontextinformationen im Mehrwegbehältermanagement. Die Forschungsfrage „*Wie können mit Ereignisdaten verknüpfte Kontextinformationen bei der Anwendung von Process Mining im Mehrwegbehältermanagement berücksichtigt werden?“* bildet so den Ausgangspunkt für die Literaturanalyse.

Aus der Forschungsfrage lassen sich verschieden Forschungsziele ableiten. Das erste Ziel ist eine Übersicht der Ansätze des Process Mining im Bereich Logistik und im Speziellen im Mehrwegbehältermanagement. Ein weiteres Ziel ist die Beschreibung der Ansätze des Process Mining im Mehrwegbehältermanagement unter der Berücksichtigung von Kontextinformationen und die Erläuterung der Anwendung dieser Teile. Im Rahmen der Literaturanalyse werden diese Punkte genauer betrachtet. Es soll ein Überblick der Forschung im Bereich Process Mining und Logistik, im Speziellen Mehrwegbehältermanagement, gegeben werden, sowie eine Übersicht der verwendete Process-Mining-Methoden und Vorgehensmodelle. Außerdem werden explizit Forschungsarbeiten zur Berücksichtigung von Kontextinformationen betrachtet.

2 Methodik und Struktur der Literaturanalyse

Im folgenden Abschnitt wird die Methodik und Struktur für die durchgeführte Literaturanalyse beschrieben. Dies beinhaltet zunächst die Definition der in der Recherche verwendeten Suchbegriffe und der gewählten Kombinationen. Zusätzlich werden die Vorgehensweise der Suche und die Auswahl der festgelegten Kategorien für die Suchergebnisse dargestellt.

2.1 Vorgehensweise für die Literatursuche

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, Beiträge zum Process Mining im Bereich Logistik und im Speziellen im Mehrwegbehältermanagement, unter der Berücksichtigung von Kontextinformationen, zu erfassen und zu erläutern, um diese anwenden und erweitern zu können. Ausgehend von dieser Zielsetzung wurden Bereiche erfasst, die die Struktur der Literaturanalyse vorgeben und im Rahmen der Recherche betrachtet und analysiert werden sollen.

Durch die Kombination von Schlagwörtern werden im Folgenden die themenrelevante wissenschaftliche Literatur ermittelt und kritisch analysiert. Die Suche erfolgt zunächst über die Online-Datenbank „Science Direct“ und die Suchmaschine „Google Scholar“. Folgende Suchbegriffe wurden verwendet, unter der Einschränkung des Veröffentlichungsdatums von 2016 bis 2021 und der englischen Sprache:

R1: *aktueller Stand der Forschung im Bereich Logistik/(Mehrweg-) Behältermanagement und Process Mining*

- (“process mining” OR “event log”) AND (“logistics” OR “supply chain” OR “supply chain management” OR “container management” OR “transport item” OR “reusable container”)
- (“process mining”) AND (“logistics” OR “supply chain”) AND (“application” OR “case study” OR “technique” OR “algorithm” OR “tool”)

R2: *aktueller Stand der Forschung im Process Mining unter Berücksichtigung von Kontextinformationen*

- (“process mining “ OR “event log”) AND (“context information” OR “contextual information” OR “contextual situation”)
- (“process mining” OR “context” OR “contextual information” OR “context information” OR “contextual situation”) AND (“trace clustering” OR “clustering”)

Kombination: Mehrwegbehältermanagement und Kontextinformationen

- (“container management” OR “reusable container”) AND (“context” OR “context information” OR “contextual information” OR “contextual situation”)

Zusätzlich werden die in den gefundenen wissenschaftlichen Arbeiten zitierten Quellen durchsucht, um weitere relevante Literatur zu finden. Die in dieser Analyse herangezogene Literatur sollte nicht älter als zehn Jahre sein, außer es handelt sich um die Definition von grundlegenden Begriffen oder Vorgehensmodellen.

Die Auswahl erfolgt zunächst über den Titel, die Keywords und das Abstract. Anschließend auch über den Volltext der ausgewählten Literatur für die Zuordnung zu den definierten Kategorien. Es wurden Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt, um die relevanten Studien auszuwählen und zu gewährleisten, dass nur Literatur berücksichtigt wird, die sich auf den Kontext Process Mining, Logistik und Kontextinformationen, sowie im speziellen auf die definierte Forschungsfrage und deren Forschungsziele bezieht. Ausgeschlossen wird Literatur, bei der über die Hochschule oder andere Datenbanken kein kostenloser Zugang erteilt werden kann. Die Suche beschränkt sich hauptsächlich auf wissenschaftliche Veröffentlichungen, Fachzeitschriften, Konferenzbeiträge und Journale. Nicht zitierwürdige Quellen werden ausgeschlossen, dies beinhaltet Paper die in der Liste der fragwürdigen Journale „List of Predatory Journals“ unter „https://predatoryjournals.com/journals/“ aufgelistet sind, sowie Lexika, Vorlesungsskripte etc. Ein weiteres Ausschlusskriterium sind Paper mit Inhalten, die für die Forschungsfrage irrelevant sind, wie beispielsweise „Mining“-Prozesse im Sinne von Berg- und Minenarbeiten.

2.2 Klassifikation der Suchergebnisse

Die gefundene Literatur wird schließlich anhand ausgewählter Kriterien gegliedert und kritisch gegenübergestellt. Um mögliche Ansätze für das Process Mining im Mehrwegbehältermanagement unter Berücksichtigung von Kontextinformation zu identifizieren, wird zwischen den Kategorien Methoden, Vorgehensmodelle, Theorie und Anwendung unterschieden. Eine Übersicht der Kategorien für die Literaturrecherche zeigt Tabelle 1.

Process Mining	Methoden: mathematische Methoden, Ansätze, Techniken und Algorithmen
	Vorgehensmodelle: Vorgehensweisen und -modelle zur Durchführung von Process Mining
	Theorie: Definitionen und Fachbegriffe
	Anwendung in Logistik und Mehrwegbehältermanagement
	Kontextinformationen

Tabelle 1: Klassifikationskriterien für die Literatursuche

Die Kategorie *Methoden* umfasst mathematische Methoden und Ansätze, sowie Process-Mining-Techniken und -Algorithmen. Der Punkt *Vorgehensmodelle* beinhaltet Literatur, in der bestimmte Vorgehensweisen und –modelle zur Durchführung von Process Mining enthalten ist. Die Kategorie *Theorie* enthält wissenschaftliche Arbei-

ten die Process-Mining-Fachbegriffe definieren und Grundlagen beschreiben. Die zusätzliche Kategorie *Anwendung* umfasst Literatur mit konkreten Anwendungsbeispielen, sowie Fallstudien zur Umsetzung von Process Mining. Hier erfolgt ein Fokus Logistik allgemein und Mehrwegbehältermanagement. Zusätzlich existiert die Kategorie *Kontextinformationen*, unter welcher Literatur beschrieben wird, die Process Mining unter Berücksichtigung von Kontextinformationen betrachtet.

3 Anwendung in Logistik und Mehrwegbehältermanagement

Im ersten Teil dieser Literaturanalyse wird die Anwendung von Process Mining im Bereich Logistik und im Speziellen im Mehrwegbehältermanagement untersucht. Da diese Suche sich schon genauer spezifiziert, wird zunächst die Anwendung von Process Mining für Logistikprozesse im Allgemeinen analysiert. Von großer Bedeutung sind hier vor allem die Arbeiten von Becker und Intayoad zum Thema Kontextbewusstsein im Process Mining in der Logistik, sowie die Arbeiten von Knoll et al. und van Cruchten und Weigand zum Thema Process Mining und interne Logistik.

Van Cruchten und Weigand (2018) gehen auf die Darstellung von Materialflüssen mit Hilfe von Process Mining ein und heben in ihrem Artikel die Wichtigkeit der Datenaufbereitung hervor. Verwendet werden hier angepasste und überarbeitete Ansätze der Methode PM^2 von van Eck (2015). Die Methode ist eine ausgearbeitete Vorgehensweise mit sechs unterschiedlichen Phasen von der Planung und Datenaufbereitung, über die Analyse bis hin zur Bewertung und der Optimierung des betrachteten Prozesses. Der Ansatz ist für die Durchführung von Process-Mining-Projekten mit einem konkreten Ziel, wie z.B. die Verbesserung der Leistung eines Prozesses, geeignet (van Eck et al., 2015). Auch Knoll et al. (2019) ziehen diese Methode in ihrer Veröffentlichung zum Thema Wertstromdarstellung für interne Logistik heran. Process Mining wird hier für die Prozessverbesserung einer Produktionslinie verwendet (Knoll et al., 2019).

Becker et al. (2017) vergleichen hingegen ein reales Prozessmodell mit einem Process-Mining-Modell und definieren Anforderungen an die Prozessdatenpflege in der Logistik, um Process Mining sinnvoll nutzen zu können. Die Autoren weisen auf die Schwierigkeit der Datenaufbereitung hin. Da Logistikprozesse meist organisationsübergreifend ablaufen, wird hier eine große Menge an Daten erfasst, die eine heterogene Struktur aufweisen. Die Herausforderung besteht darin, diese Daten aus verschiedenen Quellen in unterschiedlicher Granularität zu kombinieren und nutzbar zu machen. Die Anforderungen setzen die Integration grundlegender Ontologien voraus. Becker et al. (2017) definieren ein Konzept für den Einsatz von Process Mining in einem simulierten Szenario und kommen zu der Erkenntnis, dass Abweichungen zwar erkannt werden können, aber dennoch weiterer Forschungsbedarf im Bereich Process Mining und dem Umgang mit heterogenen Datenquellen besteht. (Becker et al., 2017)

Auch Knoll et al. (2019) befassen sich mit einer Ontologie für Process Mining und interner Logistik. Sie nennen ebenfalls die Problematik der Datenidentifikation und dem Verständnis von verschiedenen und komplexen Informationensystemen. Der Lösungsansatz der Autoren ist eine erweiterte interne Logistik-Ontologie aus Sicht der Prozessebene. Sie vergleichen und überprüfen bestehende Ontologien um einen Vorschlag für eine Ontologie zur Unterstützung des Process Mining in der internen Logistik zu geben.

Besonders die Arbeiten von Becker und Intayoad behandeln das Thema Logistik und Process Mining genauer und beziehen sich zusätzlich auf Kontextinformationen. Beschrieben wird hier, wie Informationen aus Event Logs gewonnen werden können. Hierbei kann es sich auch um relevante kontextbedingte Informationen handeln. Dies erfolgt am Beispiel der Durchlaufzeit unter Verwendung des „Naive Bayesian Classifiers“, welcher sich für die Klassifikation bestimmter Gruppen eignet und die Wahrscheinlichkeiten der Zugehörigkeit vorhersagt. (Intayoad und Becker, 2018b)

Des Weiteren beschäftigen sich die Autoren mit der Kontextabhängigkeit von Process Mining im Logistikbereich. Mit Hilfe von Clustering wird hier die Auftretenswahrscheinlichkeit ausgewählter Prozessschritte untersucht (Becker und Intoyoad, 2017). Intayoad und Becker (2018a) untersuchen außerdem die Anwendung von Process Mining in der Fertigung und Logistik, mit besonderem Fokus auf der Extraktion von Prozessmodellen aus Rohdaten. Zusätzlich stellen sie eine Methodik vor, die die Leistung des Process Mining im Hinblick auf komplexe und unstrukturierte Ereignisdaten verbessern soll. Hierzu verwenden sie heuristische Mining-Algorithmen und Clustering-Techniken, um die Komplexität der Prozessdaten zu reduzieren. Die erarbeiteten Prozessmodelle werden mit traditionellen Process-Mining-Modellen verglichen, um diese zu validieren. (Intayoad und Becker, 2018a)

Lee et al. (2013) zeigen in ihrer Veröffentlichung zum Thema Schiffsbau eine Methode zur automatischen Gewinnung von Informationen aus den Transportnutzungshistorien. Dazu verwenden sie eine Clustering-Technik, um heterogene Gruppen von Prozessinstanzen zu identifizieren. Anschließend leiten sie dann gruppenunabhängig ein Prozessmodell ab, welches Prozess- und Wartezeigen wiedergibt und dabei hilft den Logistikprozess übersichtlich und verständlich darzustellen, sowie besser zu steuern. (Lee et al., 2013)

Die Aufbereitung und Zugänglichkeit von Daten einer RFID-basierten Supply Chain, um sie anschließend für Process Mining nutzen zu können, beschreiben Gerke und Claus (2009). Hierfür nutzen sie einen eigenen Algorithmus und bewerten die Ergebnisse anhand des SCOR-Models. (Gerke und Claus, 2009)

Außerdem finden sich Artikel zum Thema Process Mining im Straßengüterverkehr (Kurganov et al., 2021) und Routenplanung von Transporten mit dem Zug (Janssenwillen et al., 2018). Diese sind im Kontext der Forschungsfrage und -ziele, weniger

relevant, da sie weder wichtige Informationen zur Datenaufbereitung geben noch situationsbedingte und kontextabhängige Prozesse oder Daten betrachten. Dennoch sind die Veröffentlichungen der Logistik und Process Mining zuzuordnen.

Für Mehrwegbehältermanagement oder allgemein Behältermanagement im Process Mining findet sich wenig bis keine relevante Literatur. Eine Veröffentlichung von Sutrisnowati et al. (2015) behandelt das Management von Containern in der Hafenlogistik, im Zusammenhang mit der Vorhersage von Verspätungswahrscheinlichkeiten. Als Basis für die Konstruktion eines Bayesian Networks wurde hier der „Heuristic Miner“ aus dem Bereich Process Mining und Discovery verwendet. Der „Heuristic Miner“ (Weijters und Aalst, 2006) wurde auf der Grundlage der Häufigkeit des Auftretens von Ereignissen und der Beziehungen zwischen ihnen entwickelt. Er ist in der Lage sogenannte „hiddentasks“ und „loops“ zu entdecken. Heuristische Mining Algorithmen werden ebenfalls von Intayoad und Becker (2018a) verwendet und in Kapitel 4 aufgegriffen.

Lickert et al. (2021) vergleichen verschiedene Machine-Learning-Methoden und Algorithmen für die Datenanalyse. Sie stellen hier Methoden wie u.a. Naive Bayesian Networks und lineare Regression gegenüber und erläutern, inwieweit diese geeignet sind und anhand welcher Kriterien dies beurteilt werden kann. Die Anwendbarkeit des Konzeptes wird anschließend an einem Beispiel aus der Rückführungslogistik beurteilt. Die Autoren beschreiben ebenso die Problematik der Komplexität von Logistikprozessen. (Lickert et al., 2021)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Bereich Process Mining und Logistik besonders die Autorengruppen Knoll et al. (2019) zum Thema Wertstromdesign, van Cruchten und Weigand (2018) mit der Analyse von Materialflüssen in der Fertigung, sowie Intayoad und Becker (2017) mit ihrem Beitrag zu Kontextbewusstsein herausstechen. Unter Berücksichtigung der Forschungsfrage sind besonders die Veröffentlichungen von Intayoad und Becker, zum Thema interne Logistik und Kontextinformationen, von Bedeutung. Es wird deutlich, dass die genannten Autoren die Aufbereitung der Daten, um diese für Process Mining nutzbar machen zu können, als eine Herausforderung beschreiben und auf diesem Gebiet noch Forschungsbedarf besteht. Da Logistikprozesse meist organisationsübergreifend ablaufen, wird eine große Menge an Daten erfasst, die eine heterogene Struktur aufweisen. Die Herausforderung besteht darin, diese Daten aus verschiedenen Quellen in unterschiedlicher Granularität zu kombinieren und nutzbar zu machen (Becker et al. 2017, Intayoad und Becker 208b, Lee et al., 2013, van Cruchten und Weigand, 2018). Bereits in diesem Abschnitt wird deutlich, dass dieser Schwierigkeit besonders durch den Einsatz von Clustering-Techniken entgegengewirkt wird (Becker und Intayoad, 2017, Bose und van der Aalst, 2009, Song et al., 2009). Welche Methoden, Vorgehensweisen und Algorithmen im Themenbereich angewendet werden, beschreibt das nachfolgende Kapitel genauer.

4 Process Mining – Theorie, Methoden und Vorgehensmodelle

Die Grundlagen des Process Mining, sowie Theorie und Definitionen werden in den Veröffentlichungen von van der Aalst et al. adressiert. Diese werden von zahlreichen Autoren für die Definition von Process Mining herangezogen und zitiert. Die Basis bildet hier das Process Mining Manifesto von van der Aalst et al. (2012).

Im weiteren Verlauf erfolgt ein Fokus auf die Methoden und Vorgehensmodelle. Methoden umfassen mathematische Ansätze oder Algorithmen, die in der Literatur für die Durchführung von Process Mining verwendet werden. Vorgehensmodelle sind Vorgehensweisen und Darstellungen für die Durchführung von Process-Mining-Anwendungsprojekten. Konkrete Anwendungsfälle und Umsetzungen werden zusätzlich adressiert. Zunächst werden nachfolgend die *Methoden* beschrieben.

Für die Ermittlung von Auftretenswahrscheinlichkeiten wird von Becker und Intoyoad (2017), Bose und van der Aalst (2009) und Song et al. (2009) Clustering verwendet, um die Process-Mining-Ergebnisse zu verbessern und um gewonnene Modelle anschließend besser vergleichen zu können. Für die Informationsgewinnung und Aufbereitung von Event Logs ziehen Intayoad und Becker (2018b), Lickert et al. (2021) und Sutrisnowati et al. (2015) den „Naive Bayes Classifikator“ heran.

Choueiri et al. (2020) verwenden in ihrer Veröffentlichung zum Thema Echtzeitprognosen in Produktionssystemen lineare Regression. Ebenso auch Lickert et al. (2021), die eine Auswahl an verschiedenen Algorithmen aus dem Bereich „Reverse Logistics“ vorstellen, u.a. lineare Regression, Naive Bayes, Entscheidungsbäume und neuronale Netzwerke. Letztere werden vor allem für die Darstellung und Aufbereitung der Process-Mining-Ergebnisse verwendet. Hier verwenden Sun et al. (2021) und Choueiri et al. (2020) auch Petri-Netze. Diese eignen sich für die graphische Aufbereitung von gewonnenen Informationsflüssen und Analyse dieser (Peterson, 1977).

Senderovich et al. (2019) stellen in ihrem Paper die „Temporal Network Representation (TNR) of a log“ vor. Diese befasst sich mit paarweisen, zeitlichen Beziehungen von Aktivitäten und bezieht den Kontext mit ein, in dem diese aufgetreten sind. TNR wird von den Autoren für die Erkennung von nicht erfassten Verspätungen und für die Modellierung der Prozessperformance verwendet. Die Bewertung der Ansätze erfolgt anhand drei realer Datensätze und ist der Process-Mining-Kategorie „Discovery“ zuzuordnen. (Senderovich et al., 2019)

Aus der Kategorie Methoden, werden Clustering und im speziellen Trace Clustering in der Literatur unter Berücksichtigung von kontextbezogenen Informationen am häufigsten erwähnt (vgl. Tabelle 2). Besonders für die Analyse der Event Logs komplexer Prozesse eignet sich Clustering um Unterkategorien zu bilden und dadurch die Komplexität und Verständlichkeit, der durch Process Mining gewonnenen Prozessmodelle, zu reduzieren (Zandkarimi et al., 2020, Tax et al., 2018). Die Suche wurde deshalb nochmals spezifiziert und um den Begriff „Trace Clustering“ und „Process

Mining“ erweitert, um relevante Literatur zu ermitteln. Zandkarimi et al. (2020) geben einen Überblick der aktuellen Forschung im Bereich Trace Clustering und bilden eine Grundlage für die Entwicklung neuer Methoden und Ansätze für Trace Clustering. Ebenso raten Tax et al. (2018) zu einer Datenabstraktion durch eine Gruppierung von Event Logs in Traces, um als Ergebnis ein übersichtlicheres und verständlicheres Prozessmodel zu erhalten. In einigen Fällen sind die Event Logs zu informationsreich, sodass Process- Discovery-Algorithmen meist nur zu einem eher unvollständigen oder nicht repräsentativen Prozessmodell führen (Tax et al., 2018).

Tabelle 2 gibt eine Übersicht der verschiedenen Methoden und Ansätze, sowie verwendeter Algorithmen im Bereich Process Mining und Logistik oder Process Mining und Kontextinformationen. Es wird deutlich, dass aus der Kategorie Methoden in der Literatur besonders Clustering verwendet wird.

Beschreibung	**Methode/Ansatz**	**Veröffentlichungen**
Auftretenswahrscheinlichkeiten; Datenaufbereitung	Clustering (k-Medoids); Trace Clustering	Becker und Intoyoad (2017) Bose und van der Aalst (2009) Song et al. (2009) Zandkarimi et al. (2020) Tax et al. (2018)
Informationsgewinnung aus Event Logs; Datenaufbereitung	Naive Bayes-Klassifikator	Intayoad und Becker (2018b) Lickert et al. (2021) Sutrisnowati et al. (2015)
Anwendung multidimensionales Process Mining	Composite State Machines (CSM)	Knoll et al. (2018)
Analyse variabler Prozessinformationen	(Goal-)Heuristic Algorithm	Sim und Baek (2015) Intayoad und Becker (2018a) Sutrisnowati et al. (2015)
Echtzeitprognosen	Lineares Regressionsmodel/ Linear programming (LP)	Choueiri et al. (2020) Lickert et al. (2021)
Aufbereitung/ Darstellung der Ergebnisse	Petri Netz	Choueiri et al. (2020) Sun et al. (2021)
Ergebnisdarstellung	Entscheidungsbaum, Neuronale Netzwerke, SCOR-Model	Lickert et al. (2020) Gerke et al. (2009)
Bewertung der Process-Mining-Ergebnisse	Multi Criteria Decision Analysis (MCDA)	Osei-Bryson (2012)

Tabelle 2: Übersicht der im Process Mining verwendeten Methoden im Bereich Logistik und/oder Kontextinformationen

Im Gegensatz zu den Methoden beschreiben Vorgehensmodelle Vorgehensweisen zur Durchführung von Process-Mining-Anwendungsprojekten. Das Vorgehensmodell PM^2 von van Eck (2015) wird von van Cruchten und Weigand (2018) als auch

von Knoll et al. (2019) verwendet. Beide Autorengruppen erweitern die Vorgehensweise und passen diese entsprechend der Thematik an, da die Anwendung von Process Mining in der Praxis nicht trivial ist. PM^2 unterstützt bei der Durchführung von Process-Mining-Projekten und setzt sich aus sechs unterschiedlichen Stufen zusammen: „Planning“, „Extraction“, „Data Processing, Mining & Analysis“, „Evaluation“ und „Process Improvement & Support“. Die Stufen unterscheiden sich in ihren In- und Output-Variablen (van Eck, 2015).

Van Cruchten und Weigand (2018) erweitern PM^2 um weitere Datenaufbereitungsschritte, um die Datenkomplexität zu reduzieren. Um die Anwendbarkeit der überarbeiteten Vorgehensweise zu gewährleisten, werden die erweiterten Schritte in notwendig oder optional eingestuft. Process Mining wird hier für die Darstellung von Materialflüssen verwendet. (van Cruchten und Weigand, 2018)

Knoll et al. (2019) passen PM^2 entsprechend den Voraussetzungen für die Analyse interner Logistikprozesse einer Produktionslinie an. Besonderer Fokus liegt, ebenfalls wie bei van Cruchten und Weigand (2018), auf der Materialflussdarstellung. Knoll et al. (2019) reduzieren die Vorgehensweise auf vier Stufen. Process Mining hilft hier bei der Erstellung von Wertstromanalysen.

Abohamad et al. (2017) stellen eine eigene Vorgehensweise für die Unterstützung bei der Erstellung von Simulationsmodellen vor. Durch den Einsatz von Process-Mining-Techniken wird das Prozesswissen aus der Analyse von Event Logs erweitert. Die Vorgehensweise setzt sich im Gegensatz zum PM^2 nach van Eck (2015) aus nur drei Phasen zusammen: „Formulation and Data Analysis“, „Conceptual Modeling“ und „Model Development“. Die Process-Mining-Techniken werden in der Phase „Conceptual Modeling“ verwendet. Die ausgearbeitete Vorgehensweise wird am Beispiel einer Notaufnahme mit dem Ziel angewendet, Patientenbewegungen zu analysieren. Durch die Analyse der Event Logs konnten zusätzliche Prozessinformationen gewonnen und aufgedeckt werden. Des Weiteren weisen die Autoren aber auch auf mögliche falsche Schlussfolgerungen hin, die bei der Aufnahme von fehlerhaften oder unvollständigen Daten entstehen können. (Abohamad et al., 2017)

Der „Knowledge Discovery via Data Mining Process” (KDDM) ist ein Prozess aus mehreren Phasen, der für die Identifizierung und Gewinnung von neuem Wissen aus existierenden Datensätzen von Osei-Bryson (2012) angewandt wird. Der KDDM-Prozess setzt sich aus den Phasen „Business Understanding“, „Data Understanding“, „Data Preperation“, „Data Mining“, „Evaluation“ und „Deployment“ zusammen (Sharma und Osei-Bryson, 2010, Cios und Kurgan, 2005). Die Auswertungsphase des KDDM ist aus unterschiedlichen Gründen eine Herausforderung und erfordert die Verwendung eines Bewertungsrahmens. Hierfür definieren die Autoren Ziele, Maßnahmen und Funktionen, um eine halbautomatische Bewertung der Ergebnisse

zu ermöglichen. Dazu nutzen sie eine Reihe von Techniken aus der Entscheidungsanalyse, um Kontextinformationen bei der Bewertung sinnvoll mit einzubeziehen. (Osei- Bryson, 2012)

Für die Leistungsanalyse von Geschäftsprozessen, stellen Senderovich et al. (2019) die „Temporal Network Representation“ (TNR) eines Logs vor. Sie schließt auch den Kontext mit ein, in dem die betrachtete Beziehung beobachtet wurde. Diese zeitlichen Beziehungen zwischen kontextabhängigen Aktivitäten werden erfasst, um eine Basis für die leistungsorientierte Prozessanalyse zu bilden. Am Beispiel von realen Datensets aus dem Gesundheitswesen wird „Process Discovery“ auf der Grundlage von TNR angewendet und bewertet.

Um auf unerwünschte Situationen kontrolliert reagieren zu können und dadurch Verluste zu vermeiden, zeigen Choueiri et al. (2020) eine Möglichkeit auf, die verbleibende Zykluszeit im Produktionsumfeld vorherzusagen. Mit Hilfe von Process Mining werden Prozessmodelle aus Event Logs gewonnen, um diese anschließend für die Erstellung von Vorhersagen zu erweitern. Die Autoren schlagen ein eigenes Vorgehensmodell vor, das für die Anwendung im Industriebereich angepasst wurde. Process Mining wird in dieser Veröffentlichung nur in der Phase „Process Discovery“ verwendet.

Tabelle 3 fasst die unterschiedlichen Vorgehensmodelle zur Anwendung von Process Mining in der Logistik zusammen.

Beschreibung	**Vorgehensmodel**	**Veröffentlichungen**
Vorgehensmodell zur Identifizierung von neuen Informationen aus bereits existierenden Datensätzen	erweiterter Knowledge Discovery and Data Mining (KDDM) process	Osei-Bryson (2012)
Vorgehensweise Process-Mining-Projekt	Erweiterung und Anpassung des PM^2 von van Eck (2015)	Knoll et al. (2018); van Cruchten und Weigand (2018)
Performancemodel	eigenes Framework	Senderovich et al. (2019)
Vorgehensmodel für die Anwendung im Industriebereich	Eigenes Vorgehensmodel für die Vorhersage der Zykluszeit im Produktionsumfeld	Choueiri et al. (2020)

Tabelle 3: Übersicht der im Process Mining verwendeten Vorgehensmodelle im Bereich Logistik und/oder Kontextinformationen

Abschließend wird deutlich, dass in der Literatur besonders Techniken für die Gruppierung und Klassifizierung von Informationen verwendet werden, wie beispielsweise Clustering. Diese Methode wird von unterschiedlichen Autorengruppen herangezogen, um Prozessmodelle übersichtlicher und verständlicher darstellen zu können und um komplexe, heterogene Daten verständlich aufzubereiten. Zusammenfassend

ist zu sagen, dass die Methoden besonders Einsatz finden in der Phase „Process Discovery“ und die meisten Arbeiten diese Phase des Process Mining aufgreifen (Choueiri et al., 2020, Senderovich, 2019, Tax, 2016). Dies hängt auch damit zusammen, dass Methoden meist in diesem Feld angewendet werden, da es hauptsächlich um die Datenaufbereitung und -erfassung geht. Zu den Phasen „Conformance Checking“ und „Enhancement“ finden sich in der Literatur weniger Vorgehensmodelle und Methoden.

Hervorzuheben ist die Verwendung des PM^2 von van Cruchten und Weigand (2018) und Knoll et al. (2019). Die Vorgehensweise für die Durchführung von Process-Mining-Projekten eignet ich als Grundlage und wird von den Autoren entsprechend angepasst. Beide Autorengruppen benutzten die Vorgehensweise für die Darstellung von Materialflussanalysen in ihren Veröffentlichungen zum Thema Wertstromdarstellung in der internen Logistik durch Process Mining (Knoll et al., 2019) und Datenaufbereitung für Process Mining in der Logistik (van Cruchten und Weigand, 2018).

5 Kontextinformationen im Process Mining

In diesem Kapitel werden Forschungsergebnisse zum Thema Kontextinformationen im Process Mining aufgelistet und beschrieben. Ein Kontext bezieht sich im Normalfall auf Aspekte einer Situation, die die Ausführung eines Prozesses beeinflussen. Kontextinformationen können Ereignisse sein, die in der Umgebung eines Prozesses auftreten und dessen Zustand beeinflussen, wie beispielsweise Umwelteinflüsse während des Prozesses oder spezifische Eigenschaften, die zu Beginn eines Prozesses bekannt sind. (Ghattas et al., 2014)

Das Erweitern der Ereignisdaten durch zusätzliche Kontextinformationen, hat das Potenzial, die durch Process Mining erzielten Analysen, zu verbessern (van der Aalst, 2016, 319). Der Kontext kann Prozesse beeinflussen, wird aber im Process Mining oft vernachlässigt (van der Aalst und Dustdar, 2012). Im Bereich Logistik finden sich neben den eigentlich beobachteten Prozessinformationen zusätzlich verfügbare Informationen, welche für die Aufnahme von kontextbezogenen Merkmalen geeignet sind. Kontextinformationen können beispielsweise Zeit, Örtlichkeit und Häufigkeit eines Ereignisses sein (Becker und Intoyoad, 2017).

Batista et al. (2019) nennen Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Anwendung von Process Mining für neue, kontextbewusste Umgebungen. Durch die Verbreitung des Internets der Dinge werden kontinuierlich zahlreiche Events von verteilten und heterogenen Geräten erzeugt und gespeichert. Dies eröffnet die Möglichkeit für die Analyse von kontextbezogenen Daten in Bereichen wie beispielsweise Industrie 4.0. Die Autoren beschreiben die Herausforderungen bei der Anwendung von Process Mining in sensorreichen Szenarien wie z.B. smart factorys. (Batista et al., 2019)

Im Bereich Supply Chain Management zeigt Sunmola (2021) die Wichtigkeit von Kontextbewusstsein für den Austausch von Informationen und Daten einer nachhaltigen Lieferkette basierend auf Blockchain. Auch er verweist auf die Herausforderung der Bereitstellung eines sicheren und überprüfbaren Datenaustauschs. Es wird ein Konzept für eine Blockchain-basierte Plattform vorgestellt, um den Datenaustausch einer transparenten Lieferkette mit dem Fokus auf Kontextbewusstsein zu ermöglichen. Process Mining kommt in dieser Veröffentlichung nicht zum Einsatz. (Sunmola, 2021)

Jaroucheh et al. (2010) analysieren das Benutzerverhalten in verschiedenen Bereichen für eine kontextbezogene Situationserkennung. Sie entwickeln einen Ansatz für die Erfassung kontextabhängiger Informationen am Beispiel von Daten eines smart-Home Anbieters. Ein situationsbewusstes System muss eine Reihe von Merkmalen aus heterogenen Quellen erfassen, um diese anschließend zu verarbeiten und die Gesamtsituation abzuleiten. Herausforderung ist hierbei die Entwicklung geeigneter Schlussfolgerungsschemata und der Umgang mit der Komplexität der Situationserkennung. (Jaroucheh et al., 2010)

Sim et al. (2015) beziehen sich ebenfalls auf die Anwendung von Process Mining in einem komplexen und dynamischen Umfeld. Für die Optimierung und Anpassung von Geschäftsprozessen an neue Anforderungen ist die Fähigkeit der Anpassung von Arbeitsabläufen an Marktveränderungen oder außergewöhnliche Situation notwendig. Process Mining zielt nicht nur darauf ab, die Informationen zur Neugestaltung von Geschäftsprozeesen zu extrahieren, sondern auch Abhängigkeitsbeziehungen zu untersuchen und ein vollständiges Prozessmodell zu erstellen. Sim et al. (2015) zeigen fehlende Möglichkeiten zur Analyse und Bewertung von Geschäftsprozessen bei neuen Anforderungen für externe Situationen auf. Sie analysieren in ihrer Studie das Zielszenario, um Serviceanforderungen neuer Szenarien, die dynamisch auftreten, bereitzustellen. Dafür zeigen sie eine Process-Mining-Methode, die einen heuristischen Zielalgorithmus und eine Ordnungsmatrix für die Analyse und Bewertung von variablen Prozessinformationen verwendet. (Sim und Baek, 2015)

Die Wichtigkeit der Anpassung der Geschäftsprozesse an die Veränderungen des Marktes haben auch Osman und Ghiran 2019 in ihrer Veröffentlichung zu Process Mining und Industrie 4.0 hervorgehoben. Sie stellen Process-Mining-Techniken für die Geschäftsprozessanalyse vor, um die Vorteile von Process Mining im Umfeld Industrie 4.0 nutzen zu können. (Osman und Ghiran, 2019)

Besonders stechen die Autoren Intayoad und Becker mit ihren Veröffentlichungen zum Thema Kontextbewusstsein bei der Anwendung von Process Mining in der Logistik hervor. Auch sie verweisen auf das Problem, dass Process-Mining-Algorithmen meist zu unstrukturierten und komplizierten Prozessmodellen als Ergebnis füh-

ren (Intayoad und Becker, 2018a). Logistikprozesse werden einerseits immer komplexer und andererseits müssen sie flexibler werden (Becker et al., 2017, Becker und Intoyoad, 2017, Sim et al., 2015). In ihrer Veröffentlichung zum Thema Kontextbewusstsein im Process Mining und der Logistik zeigen Intayoad und Becker, dass die Berücksichtigung von Kontextinformationen bei unstrukturierten Event Daten in der Logistik das Potenzial hat, die Ergebnisse des Process Mining zu verbessern. Sie reduzieren die Komplexität durch die Zuordnung der einzelnen Prozessaktivitäten zu unterschiedlichen Hauptprozessen. Forschungsbedarf sehen die Autoren in der Erweiterung und Anwendung weiterer Clustering-Verfahren in diesem Bereich (Becker und Intoyoad, 2017).

Im letzten Abschnitt wird deutlich, dass bei der Berücksichtigung von Kontextinformationen im Process Mining besonders die Datenaufbereitung und Datensicherheit von Bedeutung sind. Process Mining wird hier als Werkzeug für die Anpassung an komplexe und schnell veränderte Umfelder, die Prozessänderungen und -anpassungen erfordern, beschrieben. Eine Herausforderung stellt hier vor allem die Heterogenität der erfassten Daten und Informationen dar.

Die Schaffung von Kontextbewusstseins bei der Anwendung von Process Mining ist ein Feld, das zukünftig durch den Einsatz von Industrie 4.0 und Smart Factorys mehr an Bedeutung gewinnt. Die Analyse zeigt auch, dass auf diesem Feld noch vermehrter Forschungsbedarf besteht, besonders im Bereich der Strukturierung heterogener Daten.

6 Diskussion und Limitation

Die Literaturanalyse ist durch verschiedene Einschränkungen begrenzt. Die Literaturübersicht ist nicht vollständig, denn durch die feste Auswahl der Datenbanken und den limitierten Zugangsrechten über die Hochschule könnten themenrelevante Veröffentlichungen und Studien nicht erfasst worden sein. Die Festlegung der Suchbegriffe können ebenfalls ein Grund dafür sein, dass relevante Forschungsarbeiten die anderen Begrifflichkeiten verwenden oder nicht in den gewählten Datenbanken enthalten sind in dieser Literaturrecherche nicht berücksichtigt wurden. Zusätzlich ist die Suche auf englischsprachige Veröffentlichungen beschränkt.

Die Analyse basiert auf einer limitierten Anzahl an Literatur, da Process Mining im Bereich Mehrwegbehältermanagement und unter zusätzlicher Betrachtung von Kontextinformationen in der Literatur eher weniger Aufmerksamkeit bekommen hat. Deshalb wurden die Bereiche Kontextinformationen und Mehrwegbehältermanagement, mit der Erweiterung auf den allgemeinen Bereich Logistik, zusätzlich auch unabhängig voneinander betrachtet. Jüngste Veröffentlichungen deuten auf ein vermehrtes Forschungsinteresse an diesem Themenbereich hin, wie die Arbeiten von Intayoad und Becker zum Thema Kontextinformationen und Process Mining in der

Logistik zeigen. Diese heben auch die Wichtigkeit des weiteren Forschungsbedarfs in diesem Bereich hervor.

Ausgangspunkt für diese Literaturrecherche war die Forschungsfrage: *„Wie können mit Ereignisdaten verknüpfte Kontextinformationen bei der Anwendung von Process Mining im Mehrwegbehältermanagement berücksichtigt werden?“*. Das abgeleitete erste Forschungsziel war eine Übersicht der Ansätze des Process Mining im Bereich Logistik und Supply Chain und im speziellen im Mehrwegbehältermanagement zu geben. Die vorliegende Literaturanalyse zeigt eine Übersicht der verwendeten Ansätze aus dem Bereich Logistik und Process Mining, bei der besonders „*Trace Clustering*“ als Methode und der *PM²* nach van Eck (2015) als Vorgehensweise für die Durchführung von Process-Mining-Projekten, hervorstechen. Die spezifische Suche für das *Mehrwegbehältermanagement und Process Mining* hat wenige bis keine Veröffentlichungen ergeben. Lediglich Sutrisnowati et al. (2015) stellt Ergebnisse, die im Ansatz das Behältermanagement, nämlich die Container der Hafenlogistik, berücksichtigen, vor. Der Literaturüberblick zeigt, dass besonders die Kombination von Kontextinformationen und Mehrwegbehältermanagement in der Forschung zu Process Mining bislang kaum betrachtet wurde. Dies gilt auch für die Betrachtung des Forschungsziels hinsichtlich der Anwendung von Process Mining unter Berücksichtigung von Kontextinformationen im Mehrwegbehältermanagement. Deshalb wurde bei der Suche zu diesem Forschungsziel, besonders auf Process Mining und *Kontextinformationen* eingegangen, um hier aus anderen Anwendungsbereichen Informationen zu gewinnen. Die Literaturanalyse macht deutlich, dass besonders die Datenabstraktion und Aufbereitung die größte Herausforderung ist, bei Prozessen, die besonders heterogen sind. Deshalb findet „Trace Clustering“ Anwendung, um die Komplexität zu reduzieren und Event Logs übersichtlicher und Ergebnisse verständlicher zu machen.

Die Autoren verwenden in ihren Veröffentlichungen viele unterschiedliche Methoden, sowie Vorgehensweisen und passen diese individuell an und erweitern diese. Deshalb können die Ergebnisse nur teilweise gegenübergestellt werden. Es erfolgte im Verlauf der Literaturrecherche eine weitere spezifischere Eingrenzung auf den Bereich Process Mining und Clustering, unter Berücksichtigung der gegebenen Forschungsfragen. Da diese Methode im Zusammenhang mit Kontextinformationen in der Literatur am häufigsten verwendet wurde. Trace Clustering wird für die Datenabstraktion herangezogen, um die Komplexität zu reduzieren.

7 Fazit und Ausblick

Process Mining ist ein an Bedeutung gewinnender Forschungs- und Anwendungsbereich, der den Fokus auf das Verstehen von Prozessen legt und es ermöglicht die gewonnenen Erkenntnisse realitätsgetreu zu erfassen, ohne diese in idealisierten Pro-

zessmodellen darzustellen. Die Anwendung von Process Mining ist auch in der Logistik von immer größerer Bedeutung. Das Ziel dieser Literaturanalyse war es den aktuellen Stand der Forschung im Bereich Process Mining und Mehrwegbehältermanagement unter der Berücksichtigung von Kontextinformationen abzubilden, sowie verwendete Ansätze und Methoden herauszuarbeiten und gegenüberzustellen. Um die aktuellen Forschungsthemen zu ermitteln, wurde eine systematische Suche mittels ausgewählter wissenschaftlicher Datenbanken, unter Berücksichtigung definierter Ausschlusskriterien, durchgeführt.

Die Ergebnisse der Literaturanalyse zeigen vor allem, dass Forschungsbedarf im Bereich Mehrwegbehältermanagement und Process Mining besteht.

Reflektiert untersucht wurden Veröffentlichungen zum Thema Process Mining und Kontextinformationen. Hier gibt die Analyse Aufschluss darüber, dass Process Mining auch geeignet ist, um Kontextinformationen zu berücksichtigen, dies aber mit Herausforderungen wie der Datenabstraktion und -sicherheit verbunden ist. Es besteht besonders in diesem Zusammenhang auf dem Gebiet Logistik und im Speziellen im Mehrwegbehältermanagement weiterer Forschungsbedarf.

Die Literaturanalyse zeigt, dass weitere Forschungsarbeiten in dem Kontext dieses Beitrags vor allem zwei Themen adressieren müssen:

1) Die Identifikation geeigneter Ereignisdaten und Kontextinformationen, die im Mehrwegbehältermanagement zur Verfügung stehen und erfasst werden.
2) Die auf (1) basierende Ausarbeitung eines Modells zur Integration von Kontextinformationen auch aus heterogenen Datenquellen für Process Mining im Mehrwegbehältermanagement.

Dieser Forschungsarbeiten beziehen sich auf das Projekt DIBCO aus dem bayerischen Verbundförderprogramm der Förderlinie Digitalisierung "Informations- und Kommunikationstechnik" des bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Technologie (DIK-2105-0044 / DIK0264) eingereicht durch die Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS) statt.

8 Literaturverzeichnis

Abohamad, W., Ramy, A., Arisha, A. (2017), „A hybrid process-mining approach for simulation modeling“, in Chan A., D'Ambrogio, G., Zacharewicz, N. Wainer, G., Page, E. (Hrsg.), 2017 *Winter Simulation Conference (WSC),* IEEE, 1527–1538.

Accorsi, R., Baruffaldi, G., Manzini, R., Pini, C., (2019), „Environmental Impacts of Reusable Transport Items: A Case Study of Pallet Pooling in a Retailer Supply Chain“, *Sustainability,* 11.

Batista, E., Falcone, F., Martínez-Ballesté, A., Solanas, A., (2019), „The Promising Future of Process Mining with the Internet of Events in Context-Aware Environments“, in IEEE (Hrsg.), 2019 *International Conference on Sensing and Instrumentation in IoT Era,* IEEE, Lissabon, 1–6.

Becker, T., Intoyoad, W., (2017), „Context Aware Process Mining in Logistics“, in Tseng M. (Hrsg.), Manufacturing Systems 4.0 – Proceedings of the 50th CIRP *Conference on Manufacturing Systems*, 63, Elsevier Procedia, Taichung, 557–562.

Becker, T., Lütjen, M., Porzel, R., (2017), „Process maintenance of heterogeneous logistic systems - a process mining approach“, in Freitag, M., Kotzab, H., Pannek, J. (Hrsg.), *Dynamics in Logistics,* Springer, Cham 77–86.

Bortolini, M., Galizia, F., Mora, C., Botti, L., Rosano, M. (2018), Bi-objective design of fresh food supply chain networks with reusable and disposable packaging containers. J. Cleaner Prod. 184, S. 375-388.

Bose, R. P., Jagadeesh, C., van der Aalst, W. M. P., (2009) „Context Aware Trace Clustering: Towards Improving Process Mining Results“, in Apte, C., Park, H., Wang, K., Zaki, M. J. (Hrsg.), *Proceedings of the 2009 SIAM International Conference on Data Mining,* Proceedings, Society for Industrial and Applied Mathematics, 401–412

Choueiri, A. C., Vecino Sato, D. M., Scalabrin, E. E., Santos, E. A. P., (2020), „An extended model for remaining time prediction in manufacturing systems using process mining“, *Journal of Manufacturing Systems,* 56, 188–201.

Cios, K. J., Kurgan, L. A., (2005), „Trends in Data Mining and Knowledge Discovery“, *Advanced Techniques in Knowledge Discovery and Data Mining,* Pal, N. R., Jain, L. (Hrsg.), Springer London, London, 1–26.

Deckert, C., (Hrsg.), (2016), *"CSR und Logistik"*, Management-Reihe Corporate Social Responsibility, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Fan, X., Xu, X., Zou, B., Bai, Q. (2019), Returnable containers management in a single vendor multi-buyer supply chain with investment in reducing the loss fraction. Measurement 143, S. 93-102.

Gerke, K., Claus, A., Mendling, J., (2009), „Process Mining of RFID-Based Supply Chains“, in Sterritt, R. (Hrsg.), *2009 IEEE Conference on Commerce and Enterprise Computing,* IEEE, Wien, 285–292.

Ghattas, J., Soffer, P., Peleg, M., (2014), „Improving business process decision making based on past experience“, *Decision Support Systems,* 59, 93–107.

Hofmann, J., Ricci, C., Ansu-Holz, D. (2020), *IT und Nachhaltigkeit - eine Einführung*, S. 6-23, Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Intayoad, W., Becker, T., (2018a), „Applying Process Mining in Manufacturing and Logistic for Large Transaction Data“, *Dynamics in Logistics,* Freitag, M., Kotzab, H., Pannek, J. (Hrsg.), Springer International Publishing, Cham, 378–388.

Intayoad, W., Becker, T., (2018b), „Exploring the Relationship between Business Processes and Contextual Information in Manufacturing and Logistics Based on Event Logs“, in Wang L. (Hrsg.), *51st CIRP Conference on Manufacturing Systems 72,* Elsevier Procedia, Stockholm, 557–562. Janssenswillen, G., Depaire, B., Verboven, S., (2018), „Detecting train reroutings with process mining: A Belgian application“, *EURO Journal on Transportation and Logistics,* 7, 1–24.

Knoll, D., Reinhart, G., Prüglmeier, M., (2019), „Enabling value stream mapping for internal logistics using multidimensional process mining“, *Expert Systems with Applications,* 124, 6, 130–142.

Knoll, D., Waldmann, J., Reinhart, G., (2019), „Developing an internal logistics ontology for process mining“, in Teti, R. (Hrsg.), *12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering,* 18-20 July 2018, Elsevier Procedia, Gulf of Naples, 79, Januar, 427–432.

Kurganov, V., Dorofeev, A., Gryaznov, M., Yakimov, M., (2021), „Process Mining as a Means of Improving the Reliability of Road Freight Transportations“, *International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2020,* 54, 300–308.

Lee, S., Kim, B., Huh, M., Cho, S., Park, S., Lee, S., (2013), „Mining transportation logs for understanding the after-assembly block manufacturing process in the shipbuilding industry“, *Expert Systems with Applications*, 40, 1, 83–95.

Lickert, H., Wewer, A., Dittmann, S., Bilge, P., Dietrich, F., (2021), „Selection of Suitable Machine Learning Algorithms for Classification Tasks in Reverse Logistics“, in Kellens, K. (Hrsg.), *8th CIRP Global Web Conference – Flexible Mass Customisation (CIRPe 2020) 96*, Elsevier Procedia, Online, 272–277.

Osei-Bryson, K., (2012), „A context-aware data mining process model based framework for supporting evaluation of data mining results“, *Expert Systems with Applications,* 39, 1, 1156–1164.

Osman, C., Ghiran, A., (2019), „When Industry 4.0 meets Process Mining“, in Rudas I. J. (Hrsg.), *Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems: Proceedings of the 23rd International Conference KES2019,* Elsevier Procedia, Budapest, 2130–2136.

Peterson, J. L., (1977), „Petri Nets“, *ACM Comput. Surv.,* 9, 1, 223–252.

Ruess, P., Litauer, R., (2021), „5G als Schlüsseltechnologie für mehr Nachhaltigkeit in der Logistik?“, *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 58, 1, 36–49.

Senderovich, A., Weidlich, M., Gal, A., (2019), „Context-aware temporal network representation of event logs: Model and methods for process performance analysis“, *Information Systems,* 84, September, 240–254.

Sharma, S., Osei-Bryson, K., (2010), „Toward an integrated knowledge discovery and data mining process model“, *The Knowledge Engineering Review,* 25, 1, 49–67.

Sim, S., Baek, S., (2015), „Process Mining for Contextual Situations Adaptation using Goal-Heuristic Algorithm“, *Indian Journal of Science and Technology,* 8, 8, 620–626.

Song, M., Günther, C. W., van der Aalst, W. M. P., (2009) „Trace Clustering in Process Mining“, *Business Process Management Workshops,* Ardagna, D., Mecella, M., Yang, J. (Hrsg.), Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 109–120.

Sun, H., Liu, W., Qi, L., Du, Y., Ren, X., Liu, X., (2021), „A process mining algorithm to mixed multiple-concurrency short-loop structures“, *Information Sciences,* 542, 453–475.

Sunmola, F. T., (2021), „Context-Aware Blockchain-Based Sustainable Supply Chain Visibility Management“, in Longo, F., Affenzeller, M., Padovano, A. (Hrsg.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2020),* 180, Elsevier Procedia, Online, 887–892.

Sutrisnowati, R. A., Bae, H., Song, M., (2015), „Bayesian network construction from event log for lateness analysis in port logistics“, *Maritime logistics and transportation intelligence,* 89, November, 53–66.

Tax, N., Sidorova, N., Haakma, R., van der Aalst, W. M. P., (2018), „Event Abstraction for Process Mining Using Supervised Learning Techniques“, *Proceedings of SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys) 2016*, Bi, Y., Kapoor, S., Bhatia, R. (Hrsg.), Springer International Publishing, Cham, 251– 269.

van der Aalst, W. M. P., Dustdar, S., (2012), „Process Mining Put into Context“, *IEEE Internet Computing,* 16, 1, 82–86.

van der Aalst, W. M. P., Adriansyah, A., Alves de Medeiros, A. K., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., Bose J. C. (2012), „Process Mining Manifesto“, Daniel, F., Barkaoui, K., Dustdar, S. (Hrsg.), *Business Process Management Workshops,* Springer, Berlin Heidelberg, 169–194.

van Cruchten, R. M. E., Weigand, H., (2018), „Process mining in logistics: The need for rule-based data abstraction“, in Bajec, M. (Hrsg.), *2018 12th International*

Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), IEEE, Nantes, 1–9

van Eck, M. L., Lu, X., Leemans, S. J. J., van der Aalst, W.M.P., (2015), „PM^2: A Process Mining Project Methodology“, *Advanced Information Systems Engineering,* Zdravkovic, J., Kirikova, M., Johannesson, P. (Hrsg.), Springer International Publishing, Cham, 297–313

Weijters, A., van der Aalst, W. M. P., (2006), „Process mining with the heuristics miner-algorithm“, *Department of Technology Management,* Eindhoven.

Zandkarimi, F., Rehse, J., Soudmand, P., Hoehle, P., (2020), „A Generic Framework for Trace Clustering in Process Mining“, in van Dongen, B. F., Montali, M., Wynn, M. T. (Hrsg.), *2020 2nd International Conference on Process Mining (ICPM),* IEEE, Padua, 177–184.

Sustainable Supply Chain Design – Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts auf Basis der Aktivitätsanalyse

Karina Ankenbrand, Eric Sucky

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Produktion und Logistik,
Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg,
eric.sucky@uni-bamberg.de

1 Einleitung 56

2 Sustainable Supply Chain Design 57

3 Sustainable Supply Chain Design auf Basis der Aktivitätsanalyse 63

4 Aktivitätsanalytische Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts 69

5 Fazit 82

6 Literatur 84

Abstract:

Der vorliegende Beitrag fokussiert auf ein nachhaltiges Supply Chain Design. Mit einem zielgerichteten Supply Chain Design werden Erfolgspotenziale geschaffen sowie langfristige Rahmenbedingungen festgelegt. Die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Designs betrifft aus einer institutionellen Perspektive beispielsweise Entscheidungen über die in die Supply Chain zu integrierenden Supply Chain-Partner. Für die physische Ebene der Supply Chain ist die Struktur, die Dichte und die Leistungsfähigkeit des Netzwerks festzulegen. Von nachhaltigem Supply Chain Design kann gesprochen werden, wenn neben Erfolgszielen auch ökologische und soziale Ziele im Rahmen des Supply Chain Designs verfolgt werden. Auf Basis der Aktivitätsanalyse wird ein quantitatives Modell zur Darstellung und Lösung des Problems eines nachhaltigkeitsorientierten Supply Chain Designs entwickelt und am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts angewendet.

JEL Classification: Q50, Q51, Q53

Keywords: Nachhaltigkeit, Supply Chain Design, Aktivitätsanalyse.

Danksagung:
Wir bedanken uns bei Frau Elke Hortmeyer von der Bremer Baumwollbörse (https://baumwollboerse.de/) für ihre fachliche Unterstützung und Beratung.

Jeder, der glaubt, dass exponentielles Wachstum in einer endlichen Welt für immer weitergehen kann, ist entweder verrückt oder ein Wirtschaftswissenschaftler.

Kenneth Ewart Boulding, 1910–1993, amerikanischer Wirtschaftswissenschaftler

Handle so, dass die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.

Hans Jonas, 1903–1993, deutsch-amerikanischer Philosoph

We are the first generation to feel the effect of climate change and the last generation who can do something about it.

Barack Hussein Obama II, 1961, 44. Präsident der Vereinigten Staaten

1 Einleitung

Wird dem ökologischen Imperativ von Jonas (1979) gefolgt, so muss der Mensch sein Handeln so lenken, dass die Lebensgrundlage zukünftiger Generationen nicht beschädigt wird, d. h. er muss nachhaltig handeln. Klimaschutzbemühungen der Politik, Ressourcenknappheit, Umweltverschmutzung – inzwischen ist das Thema Nachhaltigkeit allgegenwärtig. Auch Unternehmen können das Thema Nachhaltigkeit nicht (mehr) ignorieren. Hierbei sind die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zu beachten: Ökonomie, Ökologie und Soziales. Entsprechend sind Nachhaltigkeitsziele in Unternehmen abzuleiten und umzusetzen, d. h. neben dem Erreichen ökonomischen Erfolgs auch die Verringerung ökologischer Belastung und z. B. die Sicherung von sozialverträglichen Arbeitsbedingungen (Arretz, 2011).

Durch die Konzentration auf Kernkompetenzen und die Verringerung der Fertigungstiefe (arbeitsteilige Wirtschaft), durch den Wettbewerb in globalen Märkten sowie aufgrund kurzer Produkteinführungszeiten, kurzen Produktlebenszyklen und hohen, individualisierten Kundenerwartungen sind komplexe, weltweit vernetzte Supply Chains entstanden, d. h. produkt- oder produktgruppenbezogene, unternehmensübergreifende Wertschöpfungssysteme (Sucky, 2022). Nachhaltiges Handeln hört somit nicht an Unternehmensgrenzen auf, sondern betrifft die gesamte Supply Chain, von den Rohstofflieferanten, über die Zulieferer, den Produzenten bis hin zum Handel und den Endkunden. Dies spiegelt sich nicht nur in den Kundenerwartungen oder den Forderungen von Nichtregierungsorganisationen (NGO) wider, auch das kürzlich verabschiedete Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten (Lieferkettengesetz) macht dies deutlich. Danach müssen ab 2023 Verstöße gegen Menschen- und Umweltrechte in Supply Chains, von der Rohstoffgewinnung bis zur Lieferung an Endkunden, vermieden werden.[15]

[15] https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/lieferkettengesetz, https://www.csr-in-deutschland.de/DE/Wirtschaft-Menschenrechte/Gesetz-ueber-die-unternehmerischen-Sorgfaltspflichten-in-Lieferketten/gesetz-ueber-die-unternehmerischen-sorgfaltspflichten-in-lieferketten.html.

Der vorliegende Beitrag fokussiert auf das Nachhaltige Supply Chain Design. Mit einem zielgerichteten Supply Chain Design – oder Network Design, Network Configuration bzw. Supply Chain Configuration – werden Erfolgspotenziale geschaffen sowie langfristige Rahmenbedingungen festgelegt, d. h. es werden langfristig bindende und nur begrenzt reversible Entscheidungen. Die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Designs betrifft beispielsweise Entscheidungen über die in die Supply Chain zu integrierenden Partner oder Entscheidungen über Anzahl und Lokalisierung der Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse (Sucky, 2022). Von Nachhaltigem Supply Chain Design kann gesprochen werden, wenn neben Erfolgszielen auch ökologische und soziale Ziele im Design von Supply Chain verfolgt werden: „[…] while taking goals from all three dimensions of sustainable development, i.e., economic, environmental and social, into account which are derived from customer and stakeholder requirements“ (Seuring/Müller, 2008, S. 1700).

In diesem Beitrag wird ein quantitatives Modell zur Darstellung und Lösung des Problems eines nachhaltigkeitsorientierten Supply Chain Designs entwickelt und am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts angewendet. Analog zur Standortwahl oder der Lieferantenauswahl wird ein zweistufiger Entscheidungsprozess zugrunde gelegt. Das entwickelte Modell zur Unterstützung eines nachhaltigen Supply Chain Designs (Sustainable Supply Chain Design, SSCD) betrifft die Makroebene. Insbesondere kann damit bestimmt werden, in welchen Ländern bzw. Regionen die notwendigen Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse ausgewählt werden sollen. Auf dieser Makroebene können qualitative Kriterien, insbesondere bezüglich sozialer Zielsetzungen, berücksichtigt werden. Die konkrete Standort- und/oder Lieferantenauswahl auf der Mikroebene erfolgt vor allem auf Basis quantitativer Zielgrößen. Der vorliegende Beitrag geht folgenden Forschungsfragen nach:

- *Wie können Nachhaltiges Supply Chain Management und Nachhaltiges Supply Chain Design definiert werden?*
- *Wie kann die Aktivitätsanalyse für ein Nachhaltiges Supply Chain Design genutzt werden?*
- *Wie können alternative Supply Chains unter Nachhaltigkeitsaspekten modelliert und bewertet werden?*

2 Sustainable Supply Chain Design

2.1 Der Begriff der Nachhaltigkeit

In seinem Werk „Sylvicultura oeconomica“ legte Hans Carl von Carlowitz, Oberberghauptmann am kursächsischen Hof in Freiberg, bereits vor über 300 Jahren das Nachhaltigkeitsprinzip dar (Carlowitz, 1713). Im frühen 18. Jahrhundert war der Silberbergbau im Erzgebirge aufgrund von Holzknappheit in seiner Existenz bedroht. Für den Bergbau war Holz unverzichtbar. Da es nicht über Flüsse herangeschafft werden konnte, wurden die regionalen Waldbestände genutzt, sodass die Region

weitgehend kahlgeschlagen war. Daher formulierte Hans Carl von Carlowitz für die Forstwirtschaft, dass nur so viel Holz geschlagen werden sollte, wie durch planmäßige Aufforstung nachwachsen konnte. Allgemeiner formuliert beschreibt das Prinzip der Nachhaltigkeit die Verantwortung für gegenwärtige und zukünftige Generationen. Bekannt wurde dieses Prinzip beispielsweise durch die Studie „Grenzen des Wachstums“, den Brundtland-Report, die Rio-Konferenz 1992 oder den Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg 2002.

Aus dem Brundtland-Report geht die Definition der nachhaltigen Entwicklung hervor: „Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within two key concepts: the concept of ‚needs‘, in particular the essential needs of the world’s poor, to which overriding priority should be given; and the idea of limitations imposed by the state of technology and social organization on the environment’s ability to meet present and future needs“ (WCED, 1987, S. 37). Es werden somit zwei Aspekte fokussiert: Die intergenerative Gerechtigkeit und die intragenerative Gerechtigkeit (Batz, 2021). Erstere bedeutet, dass die Nutzung knapper Ressourcen auch für zukünftige Generationen sichergestellt werden soll (Gogoll/Wenke, 2017). Intragenerative Gerechtigkeit hingegen beinhaltet eine faire Verteilung von Lebenschancen und Ressourcennutzung innerhalb der lebenden Generation sowie einen fairen Ausgleich zwischen den Industrie- und Entwicklungsländern. Die hierbei zu betrachtenden Ressourcen besitzen nicht nur eine ökonomische, sondern auch eine ökologische und weitergehend auch eine soziale Komponente. Im sogenannten Triple-Bottom-Line Konzept wird dies aufgegriffen (Elkington, 1998).[16]



Abbildung 1: Triple-Bottom-Line Konzept

[16] Durch das Triple-Bottom-Line Konzept wird der ehemals auf fünf Säulen beruhende Ansatz der Rio-Konferenz von 1992 signifikant beschnitten. Der originäre Nachhaltigkeitsbegriff stützte sich auf eine ökologische, ökonomische, soziale, kulturelle und ethnische Entwicklung (Flämig, 2015).

Uneinigkeit herrscht darüber, ob diese Komponenten untereinander substituierbar sind oder nicht (Döring/Ott, 2001). Wird davon ausgegangen, dass dies der Fall ist, liegt eine schwache Nachhaltigkeit vor. Der Ansatz einer starken Nachhaltigkeit schließt eine Substitution zwischen den drei Bereichen aus. Hier nimmt die Ökologie eine Sonderrolle ein und wird über die anderen Nachhaltigkeitsdimensionen gestellt. Daher stellt sich die Frage nach der Gleichrangigkeit in dem Drei-Säulen-Modell (Ökologie – Ökonomie – Soziales) und den damit verbundenen Messproblemen und Zielkonflikten. Werden die drei Sektoren konsequent als gleichrangig betrachtet, müsste beispielsweise eine Maßnahme zur Reduktion der Schadstoffemissionen (Ökologie) nicht nur mit den damit verbundenen Kosten (Ökonomie) bewertet werden, sondern auch unter dem Aspekt, ob mit dem entsprechenden Aufwand bei z. B. der Bekämpfung von Kinderarbeit (Soziales) ein höherer sozialer Nutzen erzielt werden könnte (Bretzke, 2014). Ein anschauliches Beispiel bietet die Baumwollproduktion im Gebiet des Aralsees. Im Rahmen der Intensivierung der Bewässerungslandwirtschaft, insbesondere des Baumwollanbaus seit den 1960er Jahren, wurde das Bewässerungsnetz so stark ausgebaut und den Flüssen Amudarya und Syrdarya immer mehr Wasser entnommen, dass in Niedrigwasserjahren der Zufluss in den Aralsee völlig versiegt (Schlüter, 2003). Von dem einst riesigen Aralsee (69.000 Quadratkilometer), sind heute nur noch Schautafeln übrig, die sein Austrocknen dokumentieren: 90 % des Sees sind verschwunden.[17]

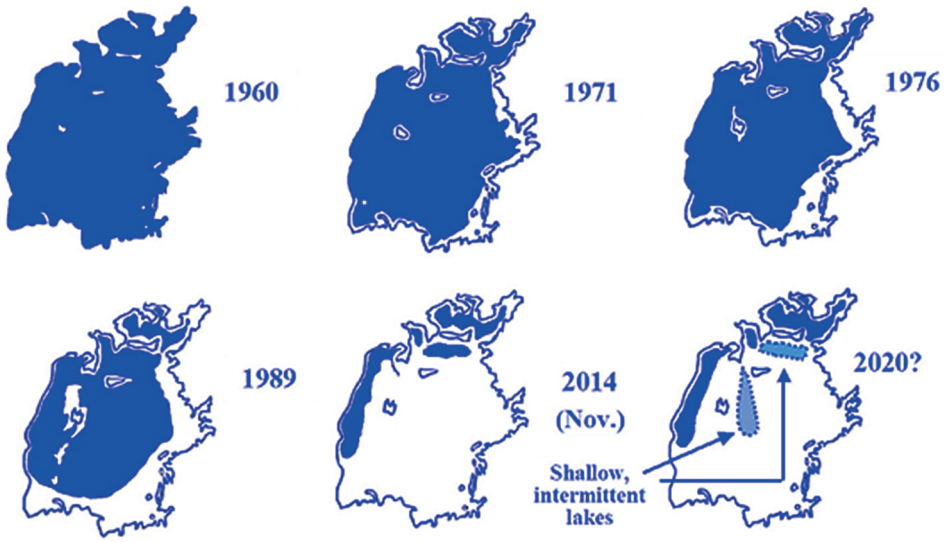


Abbildung 2: Profil des Aralsees von 1969 bis 2020 (Quelle: Micklin, 2016)

[17] https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/klima-aralsee-kasachstan-schleichender-tod-100.html, https://www.zdf.de/dokumentation/zdfzoom/zdfzoom-dreckige-ernte-100.html.

Trotz dieser ökologischen Katastrophe erfolgt eine umfassende Wirtschaftsförderung der Baumwollindustrie in Usbekistan durch beispielsweise die GIZ. Neben einer ressourcenschonenden Baumwollproduktion steht vor allem die Verbesserung von Arbeitsbedingungen und eine Förderung der politischen Stabilität im Fokus.[18]

2.2 Der Begriff des nachhaltigen Supply Chain Managements

Supply Chains sind produkt- oder produktgruppenbezogene, unternehmensübergreifende Wertschöpfungssysteme. Die physische Ebene einer Supply Chain kann als Netzwerk modelliert werden. Knoten repräsentieren dann Standorte, an denen ortsgebundene, stationäre Wertschöpfungsprozesse realisierbar sind (Produktionsstandorte, Zentral- und Regionallager, Hubs, Cross-Docking-Punkte, Binnen- oder Seehäfen sowie Flughäfen, Handelsfilialen oder Kundenstandorte). Pfeile zwischen den Knoten zeigen an, dass auf diesen Relationen nicht-ortsgebundene, raumüberbrückende Wertschöpfungsprozesse (z. B. Transportprozesse) realisierbar sind (Sucky, 2018). Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft die physische Ebene einer 5-stufigen Supply Chain. Die Struktur einer Supply Chain ist somit durch die Zahl der Standorte je Stufe, die Anzahl der Verbindungen sowie die Orientierung der Verbindungen gekennzeichnet.

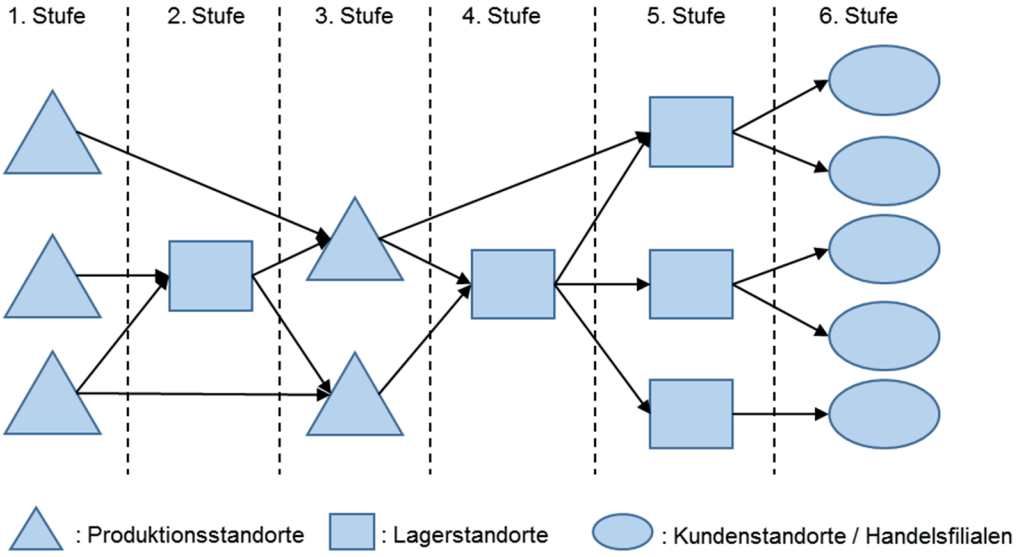


Abbildung 3: Physische Supply Chain-Ebene (in Anlehnung an Sucky/Hönscheidt 2008, S. 134)

Auf einer institutionellen Ebene können die Supply Chain-Akteure insbesondere drei übergeordneten Rollen zugeordnet werden: Industrie-, Logistik- und Handelsunternehmen (Kersten et al., 2018). Supply Chain-Akteure (Institutionen) sind für die Planung und den Betrieb mindestens eines Knotens oder einer Verbindung auf der physischen Supply Chain-Ebene verantwortlich. Der Endkunde bewertet jedoch nicht die

[18] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (www.giz.de), https://www.giz.de/de/downloads/giz2021_de_Factsheet_Baumwolle_Usbekistan.pdf.

Leistungen einzelner in einer Supply Chain agierender Unternehmen, sondern lediglich diejenige Leistung, die sich als Resultat aller in einer Supply Chain vollzogenen Wertschöpfungsprozesse ergibt. Daher ist eine zielgerichtete Planung, Steuerung, Koordination und Kontrolle der arbeitsteiligen Wertschöpfungsprozesse über Unternehmensgrenzen hinweg notwendig. Supply Chain Management kann somit als die zielgerichtete, an den Kundenbedürfnissen ausgerichtete, kooperative Planung, Steuerung und Kontrolle von produkt- oder produktgruppenbezogenen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken beschrieben werden (Sucky, 2022). Supply Chain Management-Ziele reichen von der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit einzelner Supply Chain-Akteure oder der gesamten Supply Chain (z. B. Kotzab, 2000; Asdecker, 2014; Stadtler, 2015), über Erhöhung des Endkundennutzens (z. B. Heusler, 2004; Corsten/Gössinger, 2008) und Kostensenkung (z. B. Hahn, 2000; Heusler, 2004; Kotzab, 2000) bis zur Realisierung von Zeit- oder Qualitätsvorteilen (z. B. Hahn, 2000; Heusler, 2004).

Das Konzept des Supply Chain Managements kann um den Aspekt der Nachhaltigkeit erweitert werden (Wittstruck/Teuteberg, 2010). In der relevanten Literatur findet sich eine Vielzahl von Definitionsansätzen für Nachhaltiges Supply Chain Management. Überblicke zu entsprechenden Definitionen finden sich beispielsweise bei Ahi/Searcy (2015) und Touboulic/Walker (2015). Wird jedoch beachtet, dass sich Supply Chain Management auf Managementaufgaben bezieht und Nachhaltigkeit (im besten Fall) das Ergebnis dieser Managementaufgaben ist, ergibt sich ein Nachhaltiges Supply Chain Management „[…] while taking goals from all three dimensions of sustainable development, i.e., economic, environmental and social, into account which are derived from customer and stakeholder requirements“ (Seuring/Müller, 2008, S. 1700). Wird die oben angeführte Definition von Sucky (2022) um Nachhaltigkeitsaspekte erweitert, folgt entsprechend: Nachhaltiges Supply Chain Management beschreibt die an den Kundenbedürfnissen ausgerichtete, kooperative Planung, Steuerung und Kontrolle von produkt- oder produktgruppenbezogenen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele.

Relevante Ansatzpunkte der Nachhaltigkeit finden sich insbesondere im strukturellen Supply Chain Design, d. h. der Zusammensetzung der Supply Chain und der räumlichen Verteilung der beteiligten Akteure, in den Transformationsprozessen zwischen und innerhalb der Akteure der Supply Chain sowie im Endprodukt der Supply Chain, d. h. der Produktgestalt und der Wahrnehmung von Produktverantwortung (Sommer, 2007). Nachhaltiges Supply Chain Design umfasst somit die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Managements unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit, d. h. unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele.

2.3 Quantitative Modelle für ein nachhaltiges Supply Chain Design

Die Aufgabe des Supply Chain Design besteht in der zielgerichteten Konfiguration der gesamten Supply Chain. Aus der institutionellen Perspektive sind Entscheidungen über die in die Supply Chain zu integrierenden Supply Chain-Partner sowie deren Wertschöpfungstiefe zu treffen. Auf der physischen Supply Chain-Ebene muss über die Anzahl und Lokalisierung von Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse entschieden werden, beispielsweise die Anzahl und Lage von Produktionsstätten, Lagern und Umschlagspunkten. Auch sind Transportrelationen zwischen den Ressourcenstandorten aus den potenziell möglichen Verbindungen auszuwählen. Die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Managements umfasst somit die Struktur- und Ressourcenkonfiguration der physischen Supply Chain-Ebene:

- Strukturkonfiguration: Entscheidungen über Anzahl und Lokalisierung der Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse sowie bezüglich potenzieller Verbindungen zwischen den Standorten.
- Ressourcenkonfiguration: Entscheidungen über bereitzustellende Produktions-, Lager-, Umschlag-, Kommissionier- und Transportkapazitäten sowie über einzusetzende Prozesstechnologien (Sucky, 2022).

Mit dem Supply Chain Design werden Erfolgspotenziale geschaffen sowie langfristige Rahmenbedingungen festgelegt, d. h. es werden langfristig bindende Entscheidungen getroffen, die nur begrenzt reversibel sind: „Companies can not be completely footloose, able to close plants [...] and open them elsewhere at little cost“ (De Meza/Van der Ploeg, 1987, S. 344). Unter Beachtung von Nachhaltigkeitszielen werden im Rahmen des Supply Chain Designs entsprechend Nachhaltigkeitspotenziale aufgebaut.

Der Einsatz von quantitativen Modellen zur Darstellung und Lösung von Problemen im Kontext des Nachhaltigen Supply Chain Managements ist in der relevanten Literatur bedeutsam (Krieger/Sackmann, 2018). So zeigen beispielsweise Brandenburg et al. (2014) und Seuring (2013) umfassende Literaturauswertungen zum Einsatz von quantitativen Modellen im Nachhaltigen Supply Chain Management. Viel Aufmerksamkeit wird dabei insbesondere der ökologischen Dimension geschenkt (Krieger/Sackmann, 2018). In quantitativen Modellen für das Supply Chain Design wird vorwiegend auf eine Kostenminimierung fokussiert. In der Mehrzahl quantitativer Modelle des Supply Chain Designs im Kontext der Nachhaltigkeit werden daher CO_2-Emissionen als weiterer Kostenfaktor in der Zielfunktion eingefügt (Kabadurmus/Erdogan, 2020). Schreiber (2019) bietet einen Überblick zu Optimierungs- und Simulationsmodellen für ein nachhaltiges Supply Chain Design unter Beachtung ökonomischer und ökologischer Ziele. Während ökonomische und ökologische Größen (Kosten, Emissionen etc.) einfach integrierbar sind, können soziale Kriterien (z. B. Korruption, Kinderarbeit, faire Löhne) oftmals nur schwer quantifiziert und operationalisiert werden (Krieger/Sackmann, 2018). Barbosa-Povoa et al. (2018) verwenden

die Generierung von Arbeitsplätzen als soziales Kriterium in ihrem Optimierungsmodell. Hierbei ist jedoch kritisch anzumerken, dass beispielsweise durch die Errichtung einer Produktionsstätte einerseits vor Ort Arbeitsplätze geschaffen werden, andererseits es aber zu einem Ausstoß von Schadstoffen kommen kann, die die Umwelt und Gesundheit beeinträchtigen. Auch wenn geltendes lokales Recht befolgt wird, kann eine solche Aktivität als unfair, unethisch oder zumindest kritisch angesehen werden (Krieger/Sackmann, 2018). Ein Beispiel sind die kritischen Diskussionen rund um das Wassergeschäft von Nestlé (z. B. Kramper, 2017).

Eskandarpour et al. (2015) können lediglich 10 quantitative Modelle des Supply Chain Designs identifizieren, welche alle drei Aspekte der Nachhaltigkeit (Ökologie – Ökonomie – Soziales) integrieren. Barbosa-Povoa et al. (2018, S. 369) folgern für Sustainable Supply Chains (SSC) entsprechend: „Summarizing, it is possible to verify that mathematical models covering a holistic perspective on SSC are still missing in the literature. Moreover, the few attempts that some authors have made are limited views of the SSC, without a good environmental assessment and without incorporating social aspects, so that sustainability can be accomplished."

3 Sustainable Supply Chain Design auf Basis der Aktivitätsanalyse

Im Weiteren wird auf Basis der Aktivitätsanalyse sowie der Beiträge von Thies et al. (2021, 2019a, 2019b, 2018a, 2018b, 2016) ein Ansatz zur Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chain Designs entwickelt. Zur Bewertung alternativer Supply Chain-Konfigurationen hinsichtlich der Nachhaltigkeitskriterien kann dann das Effizienzkriterium herangezogen werden. Entsprechend stellt Spengler (2021) in Anlehnung an Thies et al. (2021 und 2019a) fest, dass eine Verarbeitung und Auswertung von Informationen zur Nachhaltigkeitsbewertung bestehender Supply Chains und zur nachhaltigkeitsorientierten Gestaltung zukünftiger Supply Chains mittels einer aktivitätsanalytischen Modellierung sämtlicher Prozesse entlang der gesamten Supply Chain erfolgen kann. Darauf aufbauend ist es möglich, unter Nachhaltigkeitskriterien effektive und effiziente Supply Chain-Konfigurationen zu identifizieren.

Im vorliegenden Beitrag wird ein zweistufiger Entscheidungsprozess zugrunde gelegt. Das entwickelte Modell zur Unterstützung eines nachhaltigen Supply Chain Designs (Sustainable Supply Chain Design, SSCD) betrifft die Makroebene, d. h. es kann insbesondere entschieden werden, in welchen Ländern bzw. Regionen die notwendigen Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse unter Beachtung von Nachhaltigkeitszielen ausgewählt werden sollen. Die konkrete Standort- und/oder Lieferantenauswahl in den ausgewählten Regionen/Ländern, d. h. auf der Mikroebene, kann auf Basis quantitativer Zielgrößen (z. B. Kosten) erfolgen.

3.1 Grundlagen der Aktivitätsanalyse

Die Produktionstheorie zielt primär darauf ab, reale Produktionsprozesse zu analysieren, um daraus allgemeine Gesetzmäßigkeiten in den Transformationsbeziehungen abzuleiten. Im Kern geht es um die Ermittlung der mengenmäßigen Beziehungen zwischen eingesetzten Produktionsfaktoren (Input) und den ausgebrachten Outputgütern (Output). Gegenstand der Produktionstheorie sind daher die Beziehungen zwischen Faktoreinsatz- und Ausbringungsmengen, die formal in Produktionsfunktionen bzw. Produktionsaktivitäten erfasst werden. Die Aktivitätsanalyse wurde von Koopmans (1951) konzipiert. Neuere Ansätze zur Formulierung der betriebswirtschaftlichen Produktionstheorie auf Basis der Aktivitätsanalyse finden sich u. a. bei Dyckhoff (2006) oder Fandel (2005). Koopmans (1951, S. 35–36) versteht unter einer Aktivität „[…] the combination of certain qualitatively defined commodities in fixed quantitative ratios as ‚inputs' to produce as ‚outputs' certain other commodities in fixed quantitative rations to the inputs."

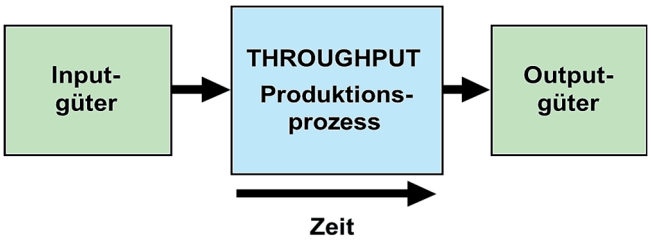


Abbildung 4: Produktionssystem als Input-Output-System

In der Aktivitätsanalyse werden offene Produktionssysteme (offene Input-Output-Systeme) betrachtet. Die Produktionsfaktoren (Einsatzgüter) sind der Input des Produktionsprozesses und die Produkte (Ausbringungsgüter) sind der Output des Produktionsprozesses. Eine Produktionsaktivität (oder Produktionspunkt, Produktionsmöglichkeit, Produktionsalternative) kann somit durch die Angabe der Quantitäten aller relevanten eingesetzten und ausgebrachten Güter des betrachteten Produktionsprozesses charakterisiert werden (Fandel et al., 2008). Produktionsaktivitäten werden in Theorie und Praxis in verschiedenen Arten dargestellt, wobei die Wahl der Formulierung der Zweckmäßigkeit zu genügen hat (Dyckhoff, 2006). In einer einfachen Formulierung kann jede Produktionsaktivität – jede Kombination aus Produktionsfaktoren (Input) und Outputgütern (Output) – als Gütervektor $v \in \mathbb{R}^K$ dargestellt werden (Fandel et al., 2008):

$$(1) \qquad v = \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_K \end{pmatrix} = (v_1, ..., v_K)^t .$$

Die Komponente v_k der Produktionsaktivität v gibt die Quantität des jeweiligen Gutes k (mit $k = 1, ..., K$), gemessen in z. B. Mengeneinheiten [ME] an. Zur Differenzierung zwischen In- und Output werden Faktoreinsatzmengen mit einem negativen

Vorzeichen versehen, während Ausbringungsmengen ein positives Vorzeichen erhalten (Fandel et al., 2008):

(2) Ist $v_k < 0$, dann werden $|v_k|$ [ME] von Input k für die Aktivität v benötigt,

(3) Ist $v_k > 0$, dann werden $|v_k|$ [ME] von Output k durch die Aktivität v erzeugt.

Beispielsweise gibt $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ -4 \end{pmatrix}$ an, dass 2 [ME] eines Outputgutes durch den Einsatz von 3 [ME] eines Inputgutes sowie 4 [ME] eines weiteren Inputgutes erzeugt werden. Existieren mehrere Aktivitäten, stehen einem Unternehmen somit alternative Produktionsaktivitäten zur Verfügung,[19] ist es sinnvoll, jene Aktivitäten zu betrachten, die bei einem gegebenen Faktoreinsatz einen möglichst hohen Produktoutput erzielen bzw. die Erstellung eines gegebenen Produktoutputs mit einem möglichst geringen Faktoreinsatz ermöglichen. Es werden die Produktionsaktivitäten bevorzugt, die den Output maximieren bei gegebenem Input oder den Input minimieren bei vorgegebenem Output. Es kann das Effizienzkriterium angewendet werden. Eine Produktionsalternative ist demnach effizient, wenn sie nicht dominiert wird. Das entsprechende Dominanzkriterium lautet:

$$\textit{Eine Aktivität } v = \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_K \end{pmatrix} \textit{ dominiert genau dann eine andere Aktivität } \hat{v} = \begin{pmatrix} \hat{v}_1 \\ \vdots \\ \hat{v}_K \end{pmatrix}$$

$$\textit{, mit } v \neq \hat{v} \textit{, wenn gilt: } \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_K \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} \hat{v}_1 \\ \vdots \\ \hat{v}_K \end{pmatrix} \textit{ und } v > \hat{v} \textit{ für mindestens ein } k \in \{1, \ldots, K\}$$

Dabei bedeutet $v > \hat{v}$ entweder eine größere End- oder Zwischenproduktmenge (Output) oder (wegen der Konvention eines negativen Vorzeichens für Inputgüter) eine kleinere Faktoreinsatzmenge (Fandel, 2005).

3.2 Umweltorientierte Aktivitätsanalyse

Um umweltorientierte Aspekte im Rahmen der Aktivitätsanalyse zu berücksichtigen, muss beachtet werden, dass die Umwelt als Ressourcenlieferant (direkt oder indirekt) hinter jedem Input steht und sie Abfälle und Emissionen (Output) absorbiert. Die in der folgenden Abbildung dargestellten Beziehungen zwischen ökologischen und ökonomischen Systemen sind daher bei der Formulierung von Produktionsaktivitäten zu berücksichtigen. Dies führt zu einer umweltorientierten Analyse der relevanten Input-

[19] Die Technologie T bezeichnet die Menge aller Produktionsalternativen (Aktivitäten), die einem Unternehmen bekannt sind.

und Outputgüter (siehe z. B. Dyckhoff, 2013; Dinkelbach/Rosenberg, 2011; Houtman, 1998).

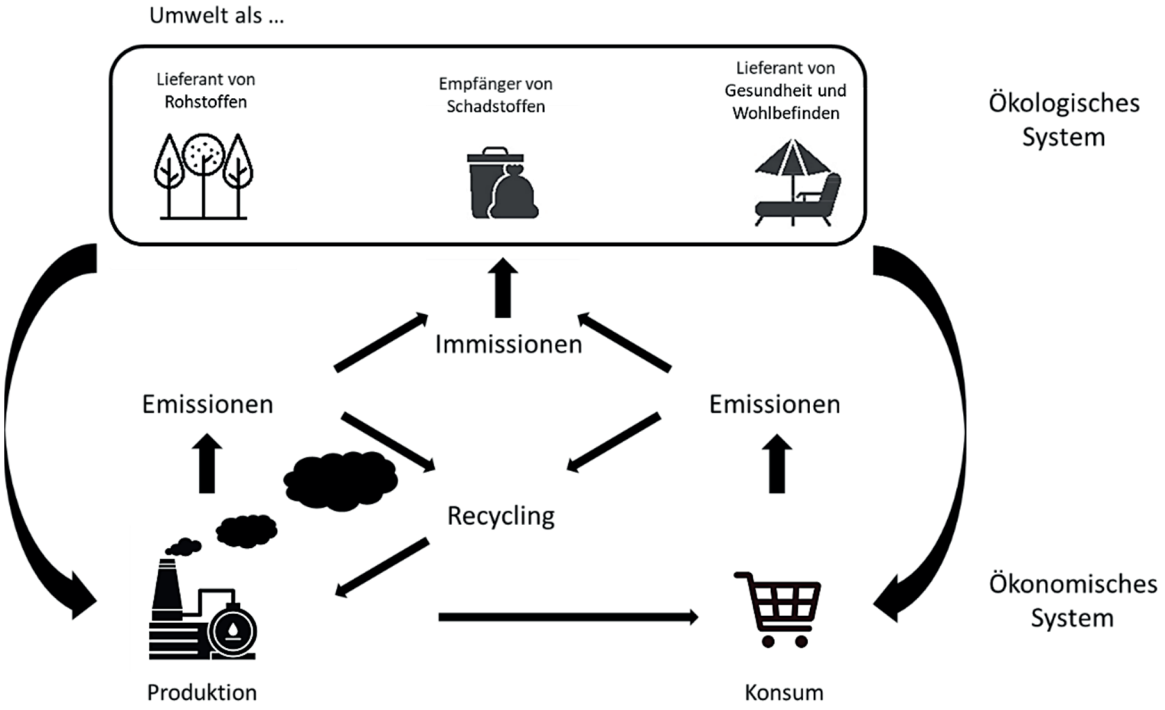


Abbildung 5: Beziehungen zwischen ökonomischem und ökologischem System
(Quelle: In Anlehnung an Krol, 1986, S. 379)

Als Input werden zunächst die Produktionsfaktoren betrachtet, welche in Verbrauchs- und Gebrauchsfaktoren klassifiziert werden können (Corsten/Gössinger, 2012). Erstere sind Betriebsstoffe (z. B. Schmiermittel), Hilfsstoffe (z. B. Schrauben), Rohstoffe (z. B. Holz) und Werkstoffe, wie z. B. Baugruppen und Fertigteile (Dyckhoff, 2006). Gebrauchsfaktoren hingegen werden durch materielle Potenzialfaktoren (Betriebsmittel wie z. B. Maschinen oder Werkzeuge), Arbeitsleistung (z. B. menschliche Arbeit) und immaterielle Faktoren (z. B. Rechte, Informationen oder Patente) dargestellt (Corsten/Gössinger, 2012). Neben den Produktionsfaktoren sind auch freie Umweltgüter als Input zu beachten, welche frei der Umwelt entnommen werden können. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von Sauerstoff aus der Luft bei Verbrennungsprozessen.

Outputgüter können in Hauptprodukte, welche das Sachziel der Produktion darstellen, und Neben- bzw. Kuppelprodukte, klassifiziert werden (Dyckhoff/Spengler, 2010). Nebenprodukte sind Güter, welche bei Erzeugungs- oder Herstellungsprozessen zwangsläufig anfallen. Diese können in zwei Kategorien eingeteilt werden: erwünschte Nebenprodukte bzw. absatzfähige Nebenprodukte sowie unerwünschte Nebenprodukte bzw. nicht absatzfähige Nebenprodukte (Dyckhoff, 2006).

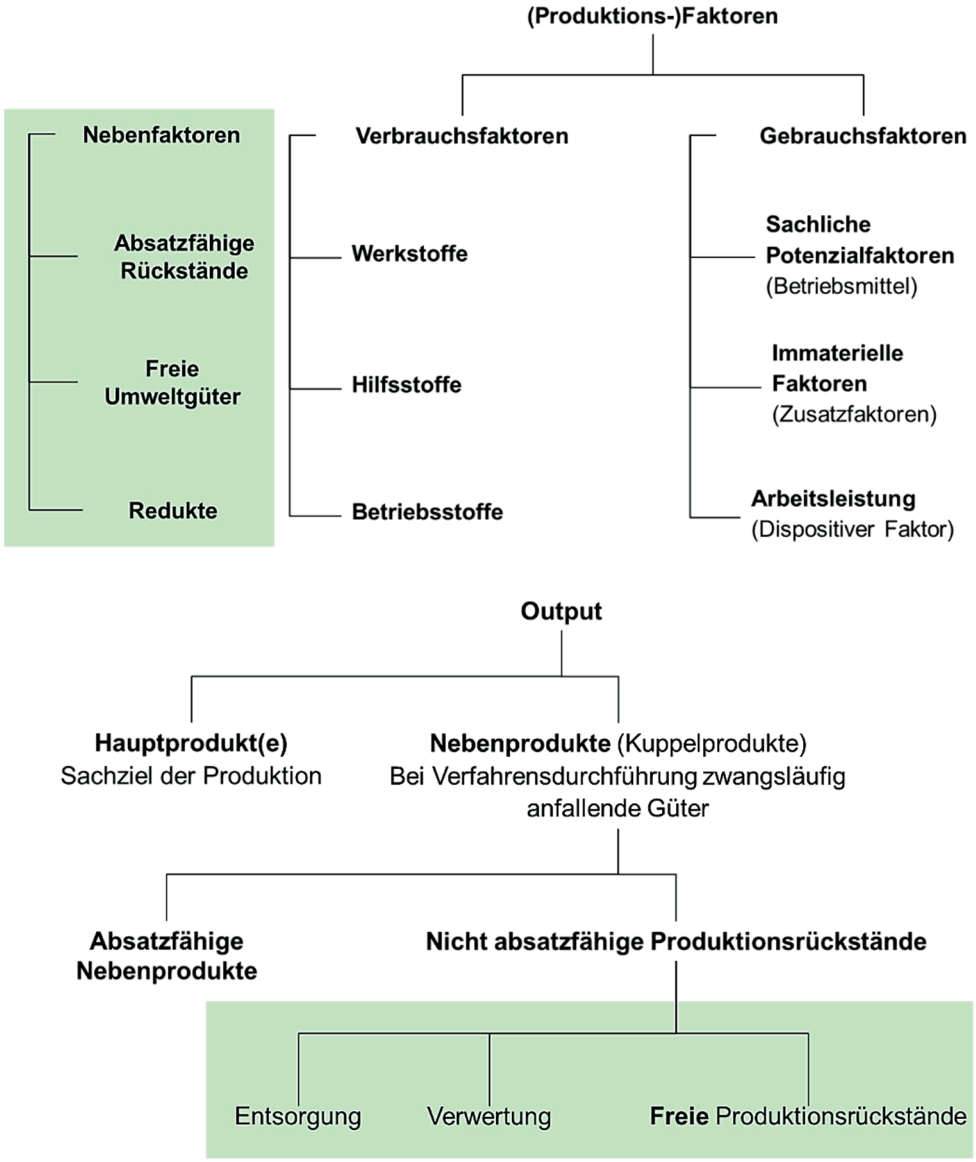


Abbildung 6: Relevante Input- und Outputgüter

Allgemein unterscheiden Dinkelbach/Rosenberg (2011) den Input (mit negativem Vorzeichen) in (Produktions-)Faktoren, nicht erwünschte Nebenfaktoren und nicht erwünschte Nebenprodukte sowie den Output (mit positivem Vorzeichen) in (Haupt-)Produkte, erwünschte Nebenfaktoren und erwünschte Nebenprodukte. Rückstände, Redukte und freie Umweltgüter können nun aktivitätsanalytisch berücksichtigt werden.

3.3 Aktivitätsanalyse der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit

Die soziale Bewertung von Aktivitäten kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Thies et al. (2021) verwenden beispielsweise die Social Hotspots Database (www.socialhotspot.org). Diese Methode zur Folgenabschätzung geht von diskreten Risikostufen aus, die auf der Grundlage der relativen Wahrscheinlichkeit des Eintre-

tens einer nachteiligen Situation quantifiziert werden können: Es ist fünfmal wahrscheinlicher, dass eine Aktivität mit „hohem Risiko“ eine negative Situation verursacht als eine Aktivität mit „mittlerem Risiko“, wenn die Aktivitätsvariable (z. B. Arbeitsstunden) dieselbe ist. Thies et al. (2021) multiplizieren daher die Arbeitsstunden (Input) einer Produktionsaktivität mit dem Faktor, der das standortbezogene Risiko relativ zum mittleren Risikoniveau quantifiziert. Für die in diesem Beitrag betrachteten Aktivitäten im Rahmen der Produktion von Baumwoll-T-Shirts wird einerseits der globale Rechtsindex des IGB (Internationaler Gewerkschaftsbund, www.ituc-csi.org) herangezogen. Andererseits wird ergänzend eine Bewertung auf Basis des Korruptionswahrnehmungsindex der NGO Transparency International durchgeführt (https://www.transparency.de/).

3.4 Aktivitätsanalytische Betrachtung von Supply Chains

In einer arbeitsteiligen Wirtschaft agieren Unternehmen in Supply Chains, in denen Güter von anderen Unternehmen als Input übernommen werden, welcher zu Output transformiert wird, der wiederum an andere Unternehmen weitergegeben wird.

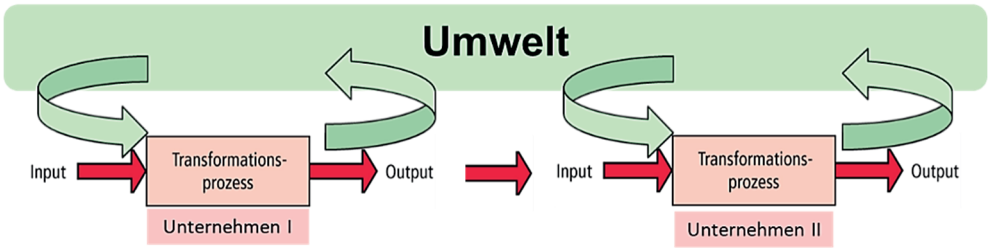


Abbildung 7: Unternehmensübergreifende Wertschöpfungsprozessketten (oder -netzwerke)

Eine Supply Chain kann als ein Netzwerk einzelner Kunden-Lieferanten-Beziehungen abgebildet werden (Ankenbrand et al., 2019), wobei durch eine stufenbezogene Aggregation eine kettenartige Struktur erzeugt werden kann.

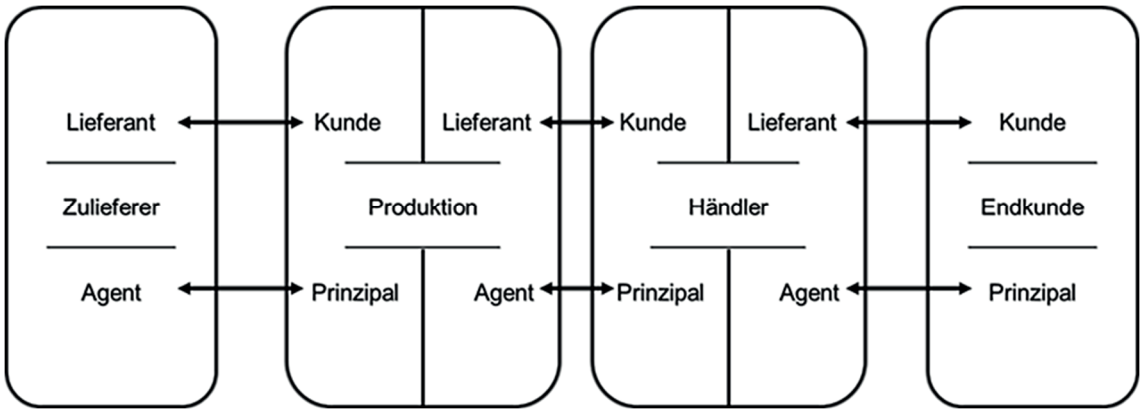


Abbildung 8: Supply Chain als Kette von Kunden-Lieferanten-Beziehungen
(Quelle: Ankenbrand et al., 2019, S. 126)

Eine aktivitätsanalytische Betrachtung von Supply Chains gelingt durch die additive Verknüpfung von standort- bzw. verbindungbezogenen Aktivitäten. Insbesondere

wird dadurch abgebildet, dass der Output einer Aktivität den Input einer folgenden Aktivität darstellen kann. [20]

$$(4) \qquad v+\ldots+\hat{v}=\begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_K \end{pmatrix}+\ldots+\begin{pmatrix} \hat{v}_1 \\ \vdots \\ \hat{v}_K \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} v_1+ & \cdots & +\hat{v}_1 \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ v_k+ & \cdots & +\hat{v}_K \end{pmatrix}$$

Im Weiteren wird durch den Index i ($i=1,...,I$) die Supply Chain-Stufe genannt, auf der eine Produktionsaktivität stattfindet.

$$(5) \qquad v^1+v^2+\ldots+v^I=\begin{pmatrix} v_1^1 \\ \vdots \\ v_K^1 \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} v_1^2 \\ \vdots \\ v_K^2 \end{pmatrix}+\ldots+\begin{pmatrix} v_1^I \\ \vdots \\ v_K^I \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} v_1^1+v_1^2+ & \cdots & +v_1^I \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ v_K^1+v_K^2+ & \cdots & +v_K^I \end{pmatrix}$$

Durch die Berücksichtigung umweltrelevanter In- und Outputs kann somit die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit in der aktivitätsanalytischen Modellierung und Bewertung von Supply Chain berücksichtigt werden.

4 Aktivitätsanalytische Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts

4.1 Prozesse entlang der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts

Eine Supply Chain kann als mehrstufiges System von Aktivitäten betrachtet werden. Am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts umfasst die Supply Chain grundsätzlich die Prozesse Rohstoffproduktion (Anbau, Ernte und Entkörnung der Baumwolle), Produktion von Garnen (Spinnerei), Produktion von Flächengeweben (Weberei), Veredelung (Färben/Bleichen), Konfektionierung (Schneiden, Nähen, Verpacken) sowie die Bereitstellung im Handel.[21] In Abbildung 9 sind diese Basisprozesse für das Beispiel der Baumwoll-T-Shirts abgebildet. Der Gebrauch (Nutzung) und die Entsorgung von T-Shirts werden nicht weiter beachtet, da diese Prozesse (noch) nicht in den Verantwortungsbereich des die Supply Chain konfigurierenden Unternehmens fallen. Ausnahmen bilden so genannte Closed Loop Supply Chains, deren Design auch Verwertungs- und Recyclingprozesse umfasst: „Closed Loop Supply Chain Management (CLSCM) refers to all forward Logistics in the chain (like procurement of materials, production and distribution) as well as the Reverse Logistics to collect and process returned (used or unused) products and/or parts of products in order to ensure a socio-

[20] Thies et al. (2021) zeigen dies beispielsweise anhand der Supply Chain zur Erzeugung von Batterien für Elektrofahrzeuge.

[21] https://www.hi5.de/themen/top-themen/t-shirt-glossar/bestandteile/herstellung/ oder https://www.trigema.de/magazin/weg-eines-t-shirts/.

economically and ecologically sustainable recovery“ (Kumar/Kumar, 2013, S. 455). Eine entsprechende Supply Chain versucht z. B. das schwedische Textilhandelsunternehmen H&M aufzubauen.[22]

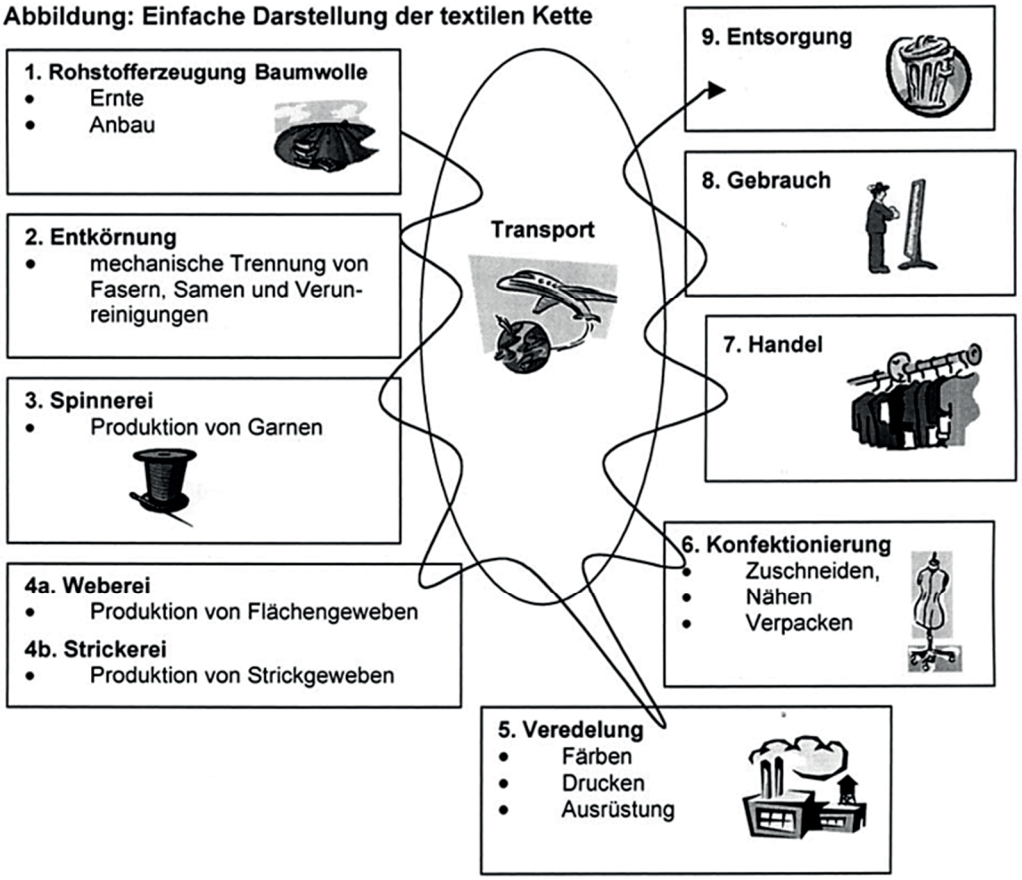


Abbildung 9: Supply Chain eines Baumwoll-T-Shirts (Quelle: Baier, o. J., S. 2)[23]

(1) Rohstoffproduktion (Anbau, Ernte und Entkörnung der Baumwolle): Baumwolle stammt ursprünglich aus den warmen und feuchten Tropen, wird heute aber hauptsächlich in Trockengebieten angebaut. Grund ist, dass Regen ungünstig für die Pflanze ist, da sich die watteähnlichen Knospen mit Wasser vollsaugen und verfaulen (Umweltinstitut München, 2016). Nach der Ernte und dem Trocknungsprozess wird die Pflanze entkörnt. Hierbei werden die Fasern von ihren Samen getrennt. Danach werden große Ballen gepresst (Johannes, 2016).

(2) Spinnerei (Produktion von Garnen): Mit einer so genannten Kardierungsmaschine wird die Baumwolle gekämmt. Diese trennt die einzelnen Fasern voneinander und drückt sie danach zu Bändern zusammen. Anschließend werden diese Bänder gereinigt. Spinnmaschinen veredeln den Rohstoff Baumwolle zu einem Garnfaden.

[22] https://www2.hm.com/de_de/nachhaltigkeit-bei-hm/our-work/close-the-loop.html.

[23] Viele hochwertige T-Shirts werden vor dem Weben gefärbt (garngefärbte T-Shirts), d. h. der Prozess Veredelung erfolgt zumindest teilweise vor dem Prozess Weben.

(3) Weberei (Produktion von Flächengeweben): In den Webereien wird das Garn zu Stoffbahnen weiterverarbeitet und ist somit für die anschließende Produktion von Textilien fertig aufbereitet (Johannes, 2016).

(4) Veredelung (Färben/Bleichen): Im nächsten Schritt werden die Baumwollstoffe z. B. mit Chlorverbindungen geblichen, um ein reines Weiß und eine gleichmäßige Saugfähigkeit zu erhalten (Umweltinstitut München, 2016).

(5) Konfektionierung (Schneiden, Nähen, Verpacken): Der Stoff wird schließlich in einer Näherei mit Hilfe von Schnittschablonen zugeschnitten und vernäht. Ein durchschnittliches T-Shirt besteht aus vier Einzelteilen und acht Nähten. Das fertige T-Shirt wird mit Etiketten, dem Label des Herstellers und dem Preisschild versehen.

(6) Bereitstellung im Handel: Schließlich gelangt das T-Shirt in den Handel und wird zum Verkauf angeboten.

4.2 Umweltbezogene Inputgüter entlang der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts

(1) Treibhausgase (insbesondere CO_2 und N_2O): Treibhausgase sind diejenigen Gase in der Erdatmosphäre, die den sogenannten Treibhauseffekt erzeugen (Wagener, 2019). Treibhausgasemissionen in der Textilproduktion entstehen durch den Einsatz von Chemikalien, wie Düngemittel, Pestizide, Farbstoffe und weitere Textilhilfsmittel, aber auch durch die Verbrennung fossiler Energieträger bei Transport und Produktion (FEMNET, 2020). Gemäß einer Studie von McKinsey verantwortete im Jahr 2018 der globale Textilsektor 2,1 Mrd. Tonnen Treibhausgase. Vor allem in der Rohstoffproduktion entfällt der größte Anteil der Treibhausgasemissionen auf die Verwendung von N_2O, auch Lachgas genannt, welches als Düngemittel im konventionellen Baumwollanbau genutzt wird. Lachgas ist ein 30-mal stärkeres Treibhausgas als CO_2. Im Weiteren werden CO_2 und N_2O als CO_2-Äquivalente dargestellt. CO_2-Äquivalente oder CO_2e sind eine Maßeinheit, welche Treibhausgase vergleichbar macht, indem sie diese in die äquivalente Menge von CO_2 umrechnet (Planetly, o. J.). Somit werden beide klimarelevanten Gase in einer Einheit berücksichtigt.

(2) Wasserverbrauch und -verschmutzung: Die Produktion von Baumwolle gilt als sehr wasserintensiv. Die Angaben für den Wasserbedarf zur Erzeugung von einem Kilo Baumwolle werden entsprechend mit 3.000 bis 7.000 Litern (FEMNET, 2020) oder gar mit 10.000 bis 29.000 Litern angegeben.[24] Des Weiteren wird angegeben, dass meist künstliche Bewässerungsmethoden eingesetzt werden, wobei etwa nur ein Drittel tatsächlich die Felder erreicht (VERBRAUCHER INITIATIVE, o. J.). Der größere Rest verdunstet auf dem Weg oder versickert durch marode Bewässerungs-

[24] http://www.oeko-fair.de/index.php/cat/798/title/Wasserverbrauch.

kanäle (WWF, 2020). Viele Textilfabriken leiten Abwasser ungefiltert in die Abflüsse, obwohl jeden Tag ca. 2.500 Kilogramm Chemikalien in der Produktion eingesetzt werden. Eine Folge davon ist die Verschmutzung des Grundwassers. Die Reinigung des belasteten Wassers ist kaum möglich (Reichert, 2019).

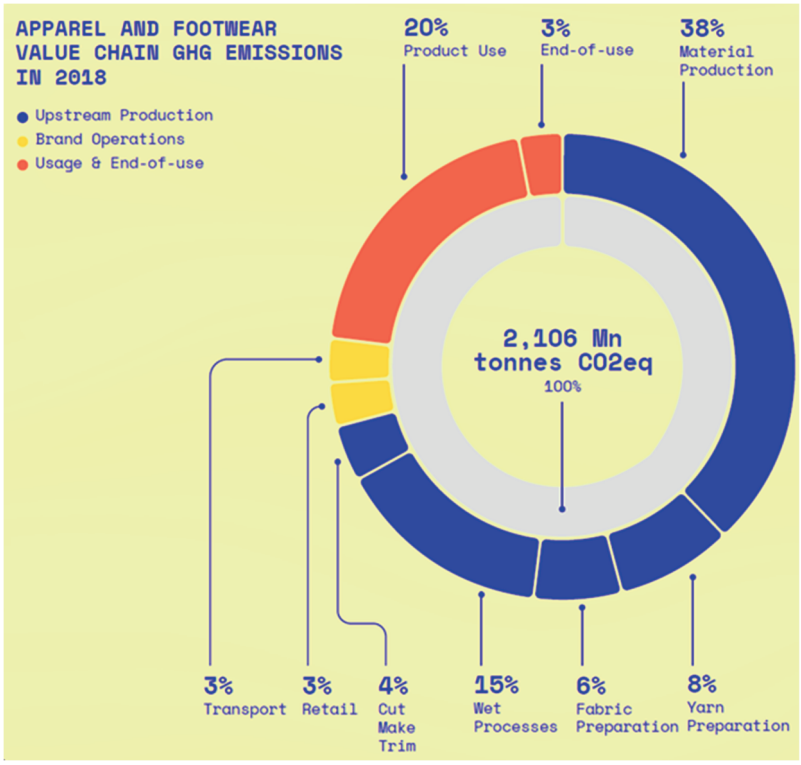


Abbildung 10: Treibhausgas-Emissionen und Textilsektor (Quelle: McKinsey, 2020)

Um sowohl den Wasserverbrauch als auch die Wasserverschmutzung adäquat abzubilden, sind jedoch zwei Aspekte zu beachten. Zunächst ist zwischen grünem, blauem und grauem Wasser zu unterscheiden, d. h. die verschiedenen Arten, den Wasserbedarf zu erfassen, sind zu beachten (Brameier, 2019):

- Grünes Wasser ist die Menge an Wasser, die im Boden gespeichert ist oder durch Niederschlag anfällt.
- Blaues Wasser ist die zur künstlichen Bewässerung verwendete Menge an Wasser, die aus Oberflächengewässern (Bächen, Flüssen, Seen etc.) oder dem Grundwasser entnommen wird.
- Graues Wasser bezeichnet Abwasser, d. h. die Menge an Wasser, die während der Produktion so stark verunreinigt wird, dass sie als unbrauchbar gilt oder die im Prinzip dazu nötig wäre, um das verschmutzte Wasser (z. B. durch Chemikalien, Pestizide etc.) ausreichend zu verdünnen.

Relevant für die weitere Betrachtung sind daher nur blaues Wasser und graues Wasser. Weitergehend ist zu berücksichtigen, dass in den letzten Jahrzehnten die weltweiten Erträge bei der Baumwollproduktion deutlich von durchschnittlich 600 auf

750 kg pro Hektar zugenommen haben, ohne dabei den Wasserbedarf zu erhöhen.[25] Es sind daher aktuelle Daten zu verwenden. Die oben genannten, völlig überhöhten Daten können auf eine Veröffentlichung des World Wildlife Fund (WWF) aus dem Jahr 1999 zurückgeführt werden (WWF, 2000), einem Jahr, in dem die Baumwollerträge durch Insektenbefall bei unter 100 kg pro Hektar lagen (Bremer Baumwollbörse, 2021). Eine kritische Diskussion der insbesondere im Internet kursierenden überhöhten Daten zum Wasserverbrauch bei der Baumwollproduktion findet sich bei Transformers Foundation (2021). Das International Cotton Advisory Committee gibt aktuell den durchschnittlichen Wasserverbrauch mit 1.931 Litern blaues Wasser je kg Baumwolle an (ICAC, 2021), d. h. einen deutlich niedrigeren Wert als oftmals propagiert.

4.3 Soziale Aspekte entlang der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts

Das größte Hindernis für faire Wettbewerbsbedingungen auf dem globalen Markt ist Korruption. In der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts umfasst Korruption unter anderem die Anpassungen und Fälschungen bei Audits, gefälschte Dokumente, illegale Unterauftragsvergaben, Showfabriken, Consultants zur „reibungslosen" Abwicklung von externen Audits und manipulierte Qualitätsprüfungen (Dürr, 2021). Korruption gefährdet aber auch Menschenleben. Ein einschneidendes Ereignis stellte 2013 der Einsturz der Textilfabrik Rana Plaza in Bangladesch dar, bei dem 1.100 Arbeiterinnen und Arbeiter ums Leben kamen und über 2.400 verletzt wurden (Fehr, 2015). Drei von acht Etagen wurden illegal errichtet, zudem fehlten Feuer- und Sicherheitsmaßnahmen im Gebäude, was aus Bestechungen der Prüfbehörde resultierte (Publiceye, o. J.).

Es wird daher eine Bewertung auf Basis des Korruptionswahrnehmungsindex durchgeführt. Die NGO Transparency International erstellt den Korruptionswahrnehmungsindex – Corruption Perceptions Index (CPI) – welcher 180 Länder nach dem Grad der in der Politik und Verwaltung wahrgenommenen Korruption bewertet (Transparency International, 2021).[26] Hier reichen die Werte von Null (sehr hohe Korruption) bis 100 (keine Korruption). In den betrachteten Supply Chains gehen die länderspezifischen Bewertungen daher als Output (Korruption) ein, der zu maximieren ist.

Kinder werden häufig für Arbeiten in der Baumwollproduktion eingesetzt. Meist pflücken sie die Baumwolle oder sammeln Schädlinge von den Pflanzen. Aber auch Zwangsarbeit ist ein Problem im Baumwollanbau (Ferenschild, 2015, VERBRAUCHER INITIATIVE, o. J.). Durch Bestechung von Behörden und Polizei zeigen

[25] https://baumwollboerse.de/2021/05/11/wie-viel-wasser-braucht-baumwolle-wirklich/.

[26] https://www.transparency.org/en/cpi/2021.

diese Kinder- oder Zwangsarbeit trotz Verbote nicht an (Ökoprojekt Mobilspiel e.V., o. J.).

In den Textilfabriken gehören Überstunden zum Alltag. Zehn Stunden pro Tag plus zwei bis vier unbezahlte Überstunden sind der Normalfall. Zudem stehen sieben Arbeitstage pro Woche auf dem Plan (Gschnell, 2017). Die Löhne für die Arbeiter liegen dabei unter dem Existenzminimum. Außerdem besitzen die meisten Arbeitnehmer keinen oder nur einen unvollständigen Arbeitsvertrag, in dem weder Verhandlungsbasis noch Rechte bestehen (Gschnell, 2017).

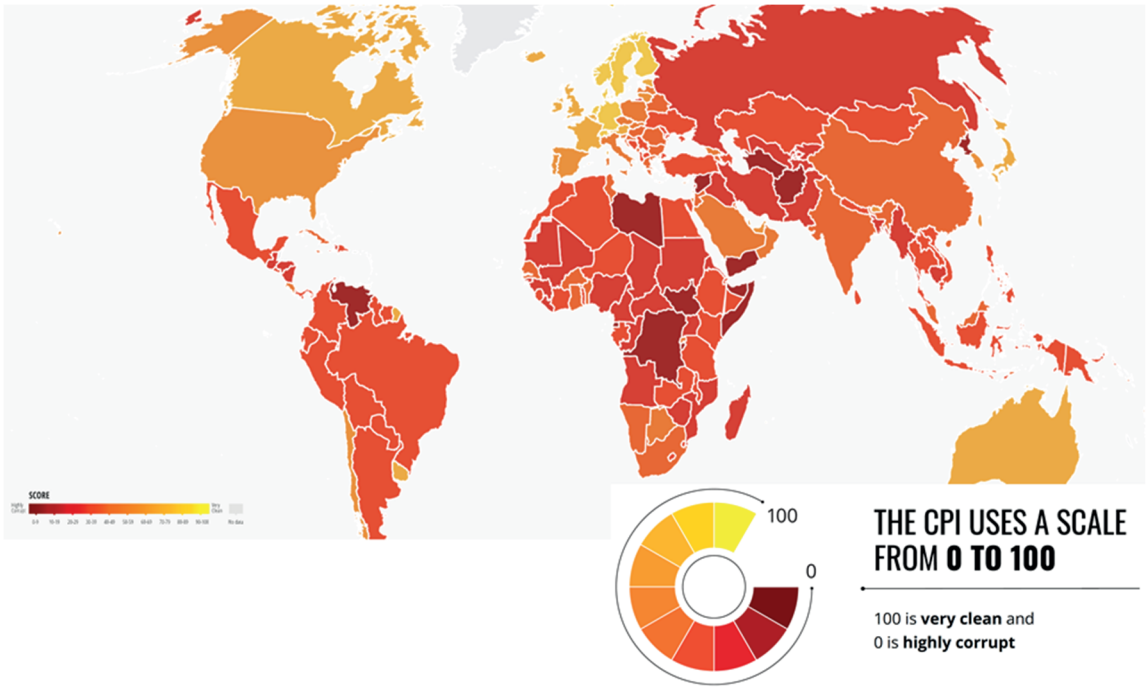


Abbildung 11: Der Corruption Perceptions Index (CPI)
(Quelle: https://www.transparency.org/en/cpi/2021)

Die Herstellung und Verarbeitung von Baumwolle kann die Arbeiter ihr Leben kosten. An den Folgen von Pestizid-Vergiftungen sterben jährlich nach Schätzung der Weltgesundheitsorganisation bis zu 10.000 Feldarbeiter im Baumwollanbau. Weit mehr Landarbeiter tragen schlimme gesundheitliche Schäden davon. Sie leiden an Erkrankungen der Atemwege, Haut, Augen und/oder Nerven. Außerdem haben sie ein erhöhtes Risiko, Krebs zu bekommen, unfruchtbar zu werden oder Kinder mit Missbildungen auf die Welt zu bringen. Nicht nur auf den Feldern, auch in den Produktionshallen herrschen negative Bedingungen (Gschnell, 2017). Hier besteht eine erhöhte Brandgefahr und Nottreppen sind häufig nicht vorhanden oder versperrt. Zudem ist ein nicht zu unterschätzendes Problem die Gewalt an Frauen, die am Arbeitsplatz sexuell belästigt, gedemütigt oder beschimpft werden.

Für das in diesem Beitrag zu betrachtende Beispiel der Supply Chains von Baumwoll-T-Shirts wird noch ein weiterer Ansatz berücksichtigt, der die Arbeitsbedingungen

fokussiert. Es wird der globale Rechtsindex des IGB (Internationaler Gewerkschaftsbund, www.ituc-csi.org) herangezogen. Der IGB dokumentiert Verletzungen international anerkannter kollektiver Arbeitnehmerrechte durch Regierungen und Unternehmen. Der Index bezieht sich auf grundlegende Rechtsnormen bei der Arbeit, vor allem auf das Recht auf Vereinigungsfreiheit, das Recht auf Tarifverhandlungen sowie das Streikrecht. Im globalen Rechtsindex des IGB werden die Länder in Kategorien von 1 bis 5+ bewertet, je nachdem, inwieweit sie kollektive Arbeitnehmerrechte respektieren. Es gibt 5 Ratings, wobei 1 das beste und 5+ das schlechteste Rating ist, das ein Land bekommen kann. Beispielsweise lässt es sich in Ländern mit dem Rating 5 am schlechtesten arbeiten, da die Beschäftigten hier keine Möglichkeiten haben, ihre Rechte wahrzunehmen, d. h. sie sind autokratischen Regimen und unlauteren Arbeitspraktiken ausgesetzt (IGB, 2021). In den betrachteten Supply Chains gehen die länderspezifischen Bewertungen als zu minimierender Input (Arbeitsbedingung) ein.

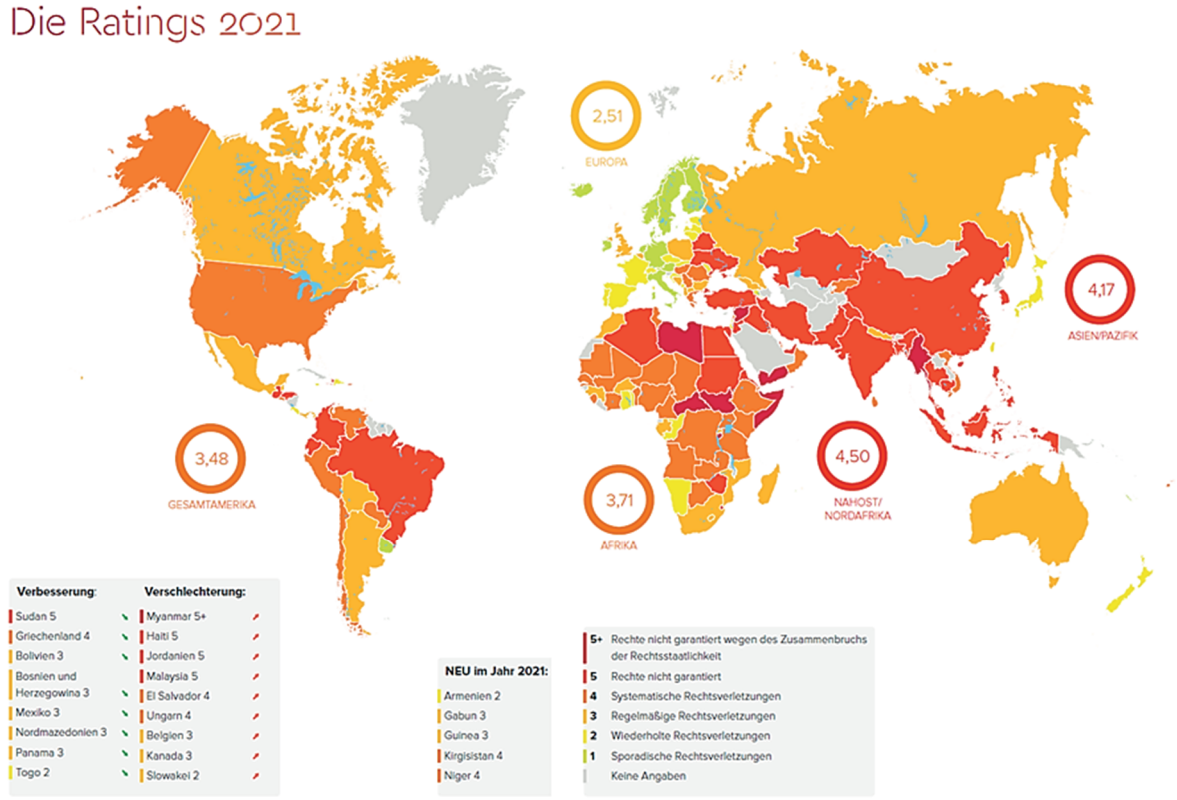


Abbildung 12: Der globale Rechtsindex des IGB 2021 (Quelle: IGB, 2021, S. 11–12)

4.4 Modellierung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts

Baumwolle wird in verschiedenen Ländern auf der Erde angebaut (Abbildung 13). Der Standort des Baumwollanbaus ist somit der Startpunkt der betrachteten Supply Chain. Von diesem Startpunkt aus kann ein T-Shirt verschiedene Wege bis zum Handel in Deutschland zurücklegen. Zur Modellierung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts werden die Anbauländer USA, Indien, Usbekistan sowie China berücksichtigt.

Angenommen wird für jede betrachtete Supply Chain, dass aus einem Kilogramm Baumwollfasern vier fertige T-Shirts zu je 250 Gramm entstehen (About You, o. J.). Als Verbrauchsfaktoren bzw. Hauptprodukte – der Output einer Aktivität kann den Input einer folgenden Aktivität darstellen – werden ausgehend von der Baumwolle (1 kg) Garn, Gewebe, veredeltes (gebleichtes) Gewebe und schließlich T-Shirts (4 Stück) berücksichtigt.

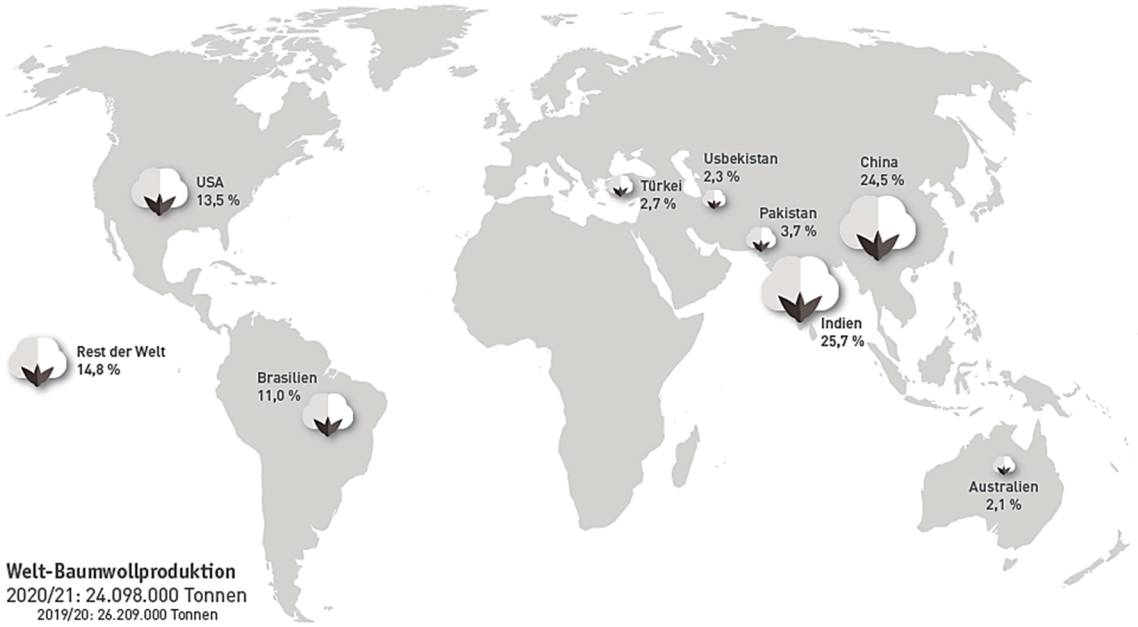


Abbildung 13: Die wichtigsten Baumwollproduktionsländer weltweit, © Bremer Baumwollbörse (Quelle: https://baumwollboerse.de/2021/07/01/jahresbericht-2020/ oder https://baumwollboerse.de/wp-content/uploads/2021/07/PM_Jahresbericht_2020.pdf)

Umweltbezogene Güter bilden der CO_2e-Ausstoß in den einzelnen Produktions- und Transportprozessen, das verbrauchte (blaue) Wasser sowie anfallendes Abwasser (graues Wasser).[27] Diese Güter werden wie Inputs behandelt, da ihr Ausstoß bzw. Verbrauch bei gegebenem Output (4 T-Shirts) zu minimieren ist. Der CO_2e-Ausstoß wird einerseits pro Transport berechnet.[28] Hierbei wird für alle Transportaktivitäten ein Transportgewicht von einem Kilogramm berechnet. Die sich ergebenden Werte werden den jeweils empfangenden Prozessen/Aktivitäten zugerechnet. Für die CO_2e-Ausstöße für die stationären Wertschöpfungsprozesse Spinnen (Spinnerei), Stricken/Weben (Weberei), Bleichen/Färben (Veredelung) und Konfektion/Nähen (Konfektionierung) werden jeweils Mittelwerte zur Berechnung herangezogen.

[27] Grundlagen der nachfolgenden Berechnungen: Galileo (2009), About You (o. J.), Carboncare (o. J.), Wiegmann (2002), UnitJuggler (o. J.), Breitkopf (2021), Cotton made in Africa (2012), Wirklich (2021), Ferenschild (2013), Hinzmann (2009), Chapagain et al. (2006), Brameier (2019), Arretz/Meyer (2018), Gschnell (2017), Ferenschild/Katiyar (2015), ECCHR (2010).

[28] CO_2-Rechner der Treibhaus-Effekte für Transport und Logistik: https://www.carboncare.org/co2-emissions-rechner.html.

Der Energieverbrauch der Garnherstellung kann mit 30,6 MJ/kg angegeben werden, für Stricken/Weben mit 32,6 MJ/kg, für die Veredelung mit 39,93 MJ/kg und für die Konfektion/Nähen mit 2,1 MJ/kg (Wiegmann, 2002). Die Einheit Megajoule wird in Kilowattstunden umgerechnet. Dies ergibt für die Garnherstellung 8,5 kWh, für das Stricken/Weben 9,05 kWh, für die Veredelung 11,09 kWh und für Konfektion/Nähen 0,58 kWh. Die jeweiligen Kilowattstunden werden mit dem Faktor 0,366 kg CO_2e multipliziert, da der CO_2-Emissionsfaktor für den Strommix auf 366 Gramm im Jahr 2020 geschätzt werden kann (Breitkopf, 2021). Das ergibt die folgenden Werte:

- Garnherstellung: $8{,}50\,kWh \cdot 0{,}366\,kg\ CO_2e = 3{,}11\,kg\ CO_2e$
- Stricken/Weben: $9{,}05\,kWh \cdot 0{,}366\,kg\ CO_2e = 3{,}31\,kg\ CO_2e$
- Veredelung: $11{,}09\,kWh \cdot 0{,}366\,kg\ CO_2e = 4{,}06\,kg\ CO_2e$
- Konfektion/Nähen: $0{,}58\,kWh \cdot 0{,}366\,kg\ CO_2e = 0{,}21\,kg\ CO_2e$
- Für den Anbau der Baumwolle werden $4{,}6\,kg\ CO_2e$ pro Kilogramm Baumwolle herangezogen (Cotton made in Africa, 2012).[29]

Für den Wasserverbrauch sowie das Abwasser werden individuelle Werte pro Standort herangezogen. Basis hierfür bilden die Analysen bzw. Studien des International Cotton Advisory Board (ICAC, 2021), Brameier (2019) sowie Chapagain et al. (2006), siehe Abbildung 14.

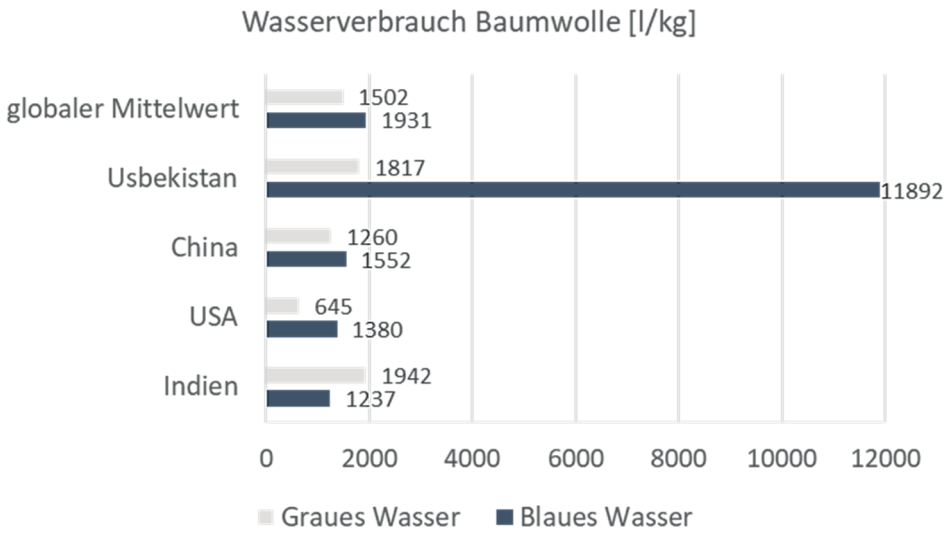


Abbildung 14: Wasserfußabdruck Baumwolle (l/kg)
(Quelle: In Anlehnung an Brameier, 2019 und ICAC, 2021)

Aufbauend auf den oben genannten Ausführungen erfolgt eine formale Darstellung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts gemäß Formel (5). Hierbei werden die Basisprozesse entlang der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts als Aktivitäten

[29] Es können grundsätzlich länderspezifische Werte ermittelt werden. Da der relevante Ausstoß jedoch durch die Transporte resultiert, wurde darauf verzichtet.

modelliert (Abbildung 15). Insgesamt werden zunächst vier potenzielle Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts modelliert und analysiert.

$$v^1 + v^2 + v^3 + v^4 + v^5 + v^6 = \begin{pmatrix} v_1^1 \\ v_2^1 \\ v_3^1 \\ v_4^1 \\ v_5^1 \\ v_6^1 \\ v_7^1 \\ v_8^1 \\ v_9^1 \\ v_{10}^1 \\ v_{11}^1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^2 \\ v_2^2 \\ v_3^2 \\ v_4^2 \\ v_5^2 \\ v_6^2 \\ v_7^2 \\ v_8^2 \\ v_9^2 \\ v_{10}^2 \\ v_{11}^2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^3 \\ v_2^3 \\ v_3^3 \\ v_4^3 \\ v_5^3 \\ v_6^3 \\ v_7^3 \\ v_8^3 \\ v_9^3 \\ v_{10}^3 \\ v_{11}^3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^4 \\ v_2^4 \\ v_3^4 \\ v_4^4 \\ v_5^4 \\ v_6^4 \\ v_7^4 \\ v_8^4 \\ v_9^4 \\ v_{10}^4 \\ v_{11}^4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^5 \\ v_2^5 \\ v_3^5 \\ v_4^5 \\ v_5^5 \\ v_6^5 \\ v_7^5 \\ v_8^5 \\ v_9^5 \\ v_{10}^5 \\ v_{11}^5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^6 \\ v_2^6 \\ v_3^6 \\ v_4^6 \\ v_5^6 \\ v_6^6 \\ v_7^6 \\ v_8^6 \\ v_9^6 \\ v_{10}^6 \\ v_{11}^6 \end{pmatrix}$$

$v^1 : Rohstoffproduktion$
$v^2 : Spinnerei$
$v^3 : Weberei$
$v^4 : Veredelung$
$v^5 : Konfektionierung$
$v^6 : Handel$

$$= \begin{pmatrix} v_1^1 + v_1^2 + & \cdots & + v_1^6 \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ v_{11}^1 + v_{11}^2 + & \cdots & + v_{11}^6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1^{T-Shirt} \\ v_2^{T-Shirt} \\ v_3^{T-Shirt} \\ v_4^{T-Shirt} \\ v_5^{T-Shirt} \\ v_6^{T-Shirt} \\ v_7^{T-Shirt} \\ v_8^{T-Shirt} \\ v_9^{T-Shirt} \\ v_{10}^{T-Shirt} \\ v_{11}^{T-Shirt} \end{pmatrix} \begin{matrix} T-Shirt & [ME] \\ Veredeltes\ Gewebe & [kg] \\ Gewebe & [kg] \\ Garn & [kg] \\ Baumwolle & [kg] \\ CO_2e & [kg] \\ Wasser & [l] \\ Abwasser & [l] \\ Transportstrecke & [km] \\ Arbeitsbedingung & \\ Korruption & \end{matrix}$$

Abbildung 15: Verwendete Notation zur Modellierung von Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts

Supply Chain (1): Im Anbauland China findet die Weiterverarbeitung ausschließlich innerhalb des Landes statt (Wiegmann, 2002). Der Anbau und die Ernte geschehen in Xinjiang, danach wird die Baumwolle zum Spinnen nach Zhanjiang transportiert. Gestrickt und gefärbt wird in Guangzhou und das fertige T-Shirt wird in Foshan genäht (Galileo, 2009). Der Transport von Shanghai nach Deutschland erfolgt per Schiff.

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -4,6 \\ -1552 \\ -1260 \\ 0 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ -3,27 \\ -99 \\ 0 \\ -3100 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ -3,33 \\ -100 \\ -100 \\ -370 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ -4,06 \\ -360 \\ -360 \\ 0 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,21 \\ -136 \\ -136 \\ -20 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,57 \\ 0 \\ 0 \\ -11000 \\ -1 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -16,04 \\ -2247 \\ -1856 \\ -14490 \\ -26 \\ 305 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{T-Shirt} & [ME] \\ \text{Veredeltes Gewebe} & [kg] \\ \text{Gewebe} & [kg] \\ \text{Garn} & [kg] \\ \text{Baumwolle} & [kg] \\ CO_2\text{e} & [kg] \\ \text{Wasser} & [l] \\ \text{Abwasser} & [l] \\ \text{Transportstrecke} & [km] \\ \text{Arbeitsbedingung} & \\ \text{Korruption} & \end{matrix}$$

Supply Chain (2): Die zweite Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts startet in Indien. Hier wird die Baumwolle angebaut und geerntet. Zu Garn gesponnen wird das Rohmaterial in der Türkei, gewebt werden die Stoffe in Taiwan. Danach gehen die Gewebe zum Färben nach Polen und später zum Nähen nach Bangladesch. Verkauft wird das fertige T-Shirt aus Baumwolle wieder in Deutschland (Menschenrechtszentrum Nürnberg, 2015).

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -4,6 \\ -1237 \\ -1942 \\ 0 \\ -5 \\ 40 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ -3,52 \\ -153 \\ 0 \\ -6220 \\ -5 \\ 38 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ -3,73 \\ -140 \\ -140 \\ -10650 \\ -2 \\ 68 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ -4,58 \\ -305 \\ -360 \\ -8700 \\ -3 \\ 56 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,64 \\ -150 \\ -136 \\ -6600 \\ -5 \\ 26 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,51 \\ 0 \\ 0 \\ -10000 \\ -1 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -17,58 \\ -1985 \\ -2578 \\ -42170 \\ -21 \\ 308 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{T-Shirt} & [ME] \\ \text{Veredeltes Gewebe} & [kg] \\ \text{Gewebe} & [kg] \\ \text{Garn} & [kg] \\ \text{Baumwolle} & [kg] \\ CO_2\text{e} & [kg] \\ \text{Wasser} & [l] \\ \text{Abwasser} & [l] \\ \text{Transportstrecke} & [km] \\ \text{Arbeitsbedingung} & \\ \text{Korruption} & \end{matrix}$$

Supply Chain (3): Die dritte Supply Chain startet in den USA (Baumwollanbau). Die Herstellung des Garns wird in der Türkei verrichtet, danach wird das Garn in Taiwan zu Stoffen gewebt. Das Bleichen geschieht in China und das Nähen in Bangladesch (Henkel, 2017; TRIGEMA Online Team, 2021).

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -4{,}6 \\ -1380 \\ -645 \\ 0 \\ -4 \\ 67 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ -3{,}16 \\ -153 \\ 0 \\ -10000 \\ -5 \\ 38 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ -3{,}73 \\ -140 \\ -140 \\ -10650 \\ -2 \\ 68 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ -4{,}09 \\ -305 \\ -360 \\ -2700 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0{,}37 \\ -150 \\ -136 \\ -3450 \\ -5 \\ 26 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0{,}51 \\ 0 \\ 0 \\ -10000 \\ -1 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -16{,}46 \\ -2128 \\ -1281 \\ -36800 \\ -22 \\ 324 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{T-Shirt} & [ME] \\ \text{Veredeltes Gewebe} & [kg] \\ \text{Gewebe} & [kg] \\ \text{Garn} & [kg] \\ \text{Baumwolle} & [kg] \\ CO_2e & [kg] \\ \text{Wasser} & [l] \\ \text{Abwasser} & [l] \\ \text{Transportstrecke} & [km] \\ \text{Arbeitsbedingung} & \\ \text{Korruption} & \end{matrix}$$

Supply Chain (4): Die letzte betrachtete Supply Chain startet in Usbekistan. Hier wird der Rohstoff Baumwolle angebaut und geerntet. Das Spinnen und das Weben der Baumwolle passiert in Indien, gefärbt wird das Garn in China. Danach wird das Kleidungsstück in Bangladesch genäht und schließlich in Deutschland verkauft (UTA, 2015).

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -4{,}6 \\ -11892 \\ -1817 \\ 0 \\ -5 \\ 28 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ -3{,}27 \\ -118 \\ 0 \\ -3300 \\ -5 \\ 40 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ -3{,}39 \\ -119 \\ -119 \\ -1500 \\ -5 \\ 40 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ -4{,}24 \\ -305 \\ -360 \\ -3600 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0{,}37 \\ -150 \\ -136 \\ -3450 \\ -5 \\ 26 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0{,}51 \\ 0 \\ 0 \\ -10000 \\ -1 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -16{,}38 \\ -12584 \\ -2432 \\ -21850 \\ -26 \\ 259 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{T-Shirt} & [ME] \\ \text{Veredeltes Gewebe} & [kg] \\ \text{Gewebe} & [kg] \\ \text{Garn} & [kg] \\ \text{Baumwolle} & [kg] \\ CO_2e & [kg] \\ \text{Wasser} & [l] \\ \text{Abwasser} & [l] \\ \text{Transportstrecke} & [km] \\ \text{Arbeitsbedingung} & \\ \text{Korruption} & \end{matrix}$$

Es kann zunächst festgehalten werden, dass die Modellierung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts auf Basis der Aktivitätsanalyse gelingt. Insbesondere ist es für ein Nachhaltiges Supply Chain Design entscheidend, dass die ökologischen und sozialen Kriterien nicht nur auf einzelnen Wertschöpfungsstufen eingehalten bzw. erfüllt werden, sondern über die gesamte Supply Chain hinweg. Durch die vektorielle Darstellung der einzelnen Wertschöpfungsstufen und die komponentenweise Addition dieser Vektoren gelingt sowohl eine wertschöpfungsstufenbezogene als auch eine Supply Chain-weite Betrachtung.

4.5 Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts

Nachdem sowohl die ökologische als auch die soziale Dimension der Nachhaltigkeit in Supply Chains von Baumwoll-T-Shirts dargestellt und anhand alternativer Supply Chains bewertet wurde, erfolgt nun die Bewertung der Alternativen. Um eine Auswahl der Supply Chains zu ermöglichen, müssen die mengenmäßigen In- und Outputs betrachtet und verglichen werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt zusammenfassend die Ergebnisse der Supply Chains von Baumwoll-T-Shirts mit den Anbauländern China, Indien, USA und Usbekistan.

Wird das Dominanz- bzw. Effizienzkriterium (Anschnitt 3.1) herangezogen, so kann Supply Chain (4) als nicht-effizient betrachtet werden, da sie von Supply Chain (1) dominiert wird. Für die verbleibenden drei Alternativen ist eine Bewertung nicht eindeutig abzugeben. Bei den umweltbezogenen Kriterien zeigt sich bei Supply Chain (1) der niedrigste CO_2-Ausstoß, was darauf zurückzuführen ist, dass 5 der stationären Wertschöpfungsprozesse in einem Land (China) stattfinden, wodurch die Transportstrecke sehr gering wird. Während der Wasserverbrauch bei Supply Chain (2) in Indien aufgrund der großen Niederschlagsmenge (grünes Wasser) am niedrigsten ist, ist der Ausstoß an Abwasser bei Supply Chain (3) am niedrigsten. Dies kann auf die modernen Produktionstechnologien in den USA zurückgeführt werden. Auch bezüglich der sozialen Dimension ist keine eindeutige Aussage möglich, jedoch zeigen hier die Supply Chain (2) und (3) die besten Werte.

Supply Chain					
(1)	(2)	(3)	(4)		
4	4	4	4	T-Shirt	[*ME*]
0	0	0	0	Veredeltes Gewebe	[*kg*]
0	0	0	0	Gewebe	[*kg*]
0	0	0	0	Garn	[*kg*]
0	0	0	0	Baumwolle	[*kg*]
−16,04	−17,58	−16,46	−16,38	CO_2e	[*kg*]
−2247	−1985	−2128	−12584	Wasser	[*l*]
−1856	−2578	−1281	−2432	Abwasser	[*l*]
−14490	−42170	−36800	−21850	Transportstrecke	[*km*]
−26	−21	−22	−26	Arbeitsbedingung	
305	308	324	259	Korruption	

Abbildung 16: Bewertung alternativer Supply Chains

5 Fazit

In diesem Beitrag wurde auf der Basis der Aktivitätsanalyse ein quantitativer Ansatz zur Modellierung und Bewertung von Supply Chains abgeleitet und am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts angewendet. Hiermit kann ein nachhaltigkeitsorientiertes Supply Chain Design unterstützt werden. Insbesondere ist es möglich, qualitative Kriterien bei der Entscheidungsunterstützung zu beachten. Für die Analyse wurden konventionelle Baumwoll-T-Shirts betrachtet. Es gibt jedoch eine Vielzahl von Unternehmen, die nachhaltige, klimaneutrale, faire und/oder so genannte Bio T-Shirts anbieten.

So kann der mit Transporten verbundene Ausstoß des Treibhausgases CO_2 beispielsweise im Sinne einer Klimaneutralität signifikant reduziert werden, wenn entweder die Prozessgestaltung bezüglich der Transportemissionen optimiert wird (Steigerung der Transporteffizienz durch Vermeidung von Leerfahrten oder durch die Bündelung von Transportquantitäten) oder wenn energieeffiziente Technologien eingesetzt werden. Einen großen Einfluss auf die Umweltwirkung von Transportprozessen hat die Verkehrsträgerwahl, d. h. inwieweit eine Verlagerung von z. B. Lkw auf Bahn oder Binnenschiff gelingt. Eine CO_2-Neutralität von Transportleistungen wird in der Praxis häufig durch Klimakompensationen erreicht. Hierbei wird der durch Transportleistungen verursachte CO_2-Ausstoß durch Einsparungen beim Treibhausgasausstoß an anderer Stelle wieder ausgeglichen. Klimaschutz-Projekte zum Zweck der Klimakompensation können die Errichtung von Anlagen betreffen, die keine klimarelevanten Gase ausstoßen, z. B. Windkraftanlagen. Andere Projekte fokussieren darauf, der Atmosphäre dauerhaft Treibhausgase zu entziehen, z. B. durch Aufforstung von Wäldern. Aufgrund der globalen Schädigungswirkung von Treibhausgasen ist es für den Klimaschutz grundsätzlich zunächst nicht von Bedeutung, wo diese emittiert bzw. vermieden werden. Jedoch ist die Fehlsteuerung der Klimakompensation kritisch zu betrachten, da für Unternehmen der Anreiz geringer werden kann, nach ressourcenschonenden Alternativen der Leistungserstellung zu suchen (Sucky/Krogoll, 2016). Auf dem Internetauftritt des Unternehmens ARMEDANGELS heißt es dazu selbstkritisch: „Wir sind uns bewusst, dass es kritische Aspekte dieses Ansatzes gibt, haben aber entschieden, dass es besser ist, jetzt etwas Unperfektes zu tun, als nichts zu tun.“[30] Detaillierte Angaben zu Klimakompensationsprojekten findet sich beispielsweise bei ARMEDANGELS[31] oder erlich textil[32]. Eine Reduktion der Transportkilometer und damit auch des CO_2-Ausstoßes zeigt beispielsweise ein Vergleich von Supply Chain (3) und den Supply Chains für T-Shirts der Marken TRIGEMA und

[30] https://www.armedangels.com/de-de/mission/climate-action/heres-the-deal-on-carbon.

[31] https://www.armedangels.com/de-de/mission/climate-action/heres-the-deal-on-carbon.

[32] https://erlich-textil.de/klimaneutralitaet.

ARMEDANGELS (Abbildung 17). Bei TRIGEMA erfolgt der Anbau und die Entkörnung der Baumwolle in der Türkei. Das Garn wird in Griechenland erzeugt, die Produktionsschritte (Stoffherstellung, Veredelung, Konfektion) erfolgen in Deutschland.[33] Für ARMEDANGELS erfolgt der Anbau und die Entkörnung der Baumwolle sowie die Garnproduktion (Spinnerei) in Indien, während die Produktionsschritte (Stoffherstellung, Veredelung, Konfektion) in Portugal erfolgen.[34]

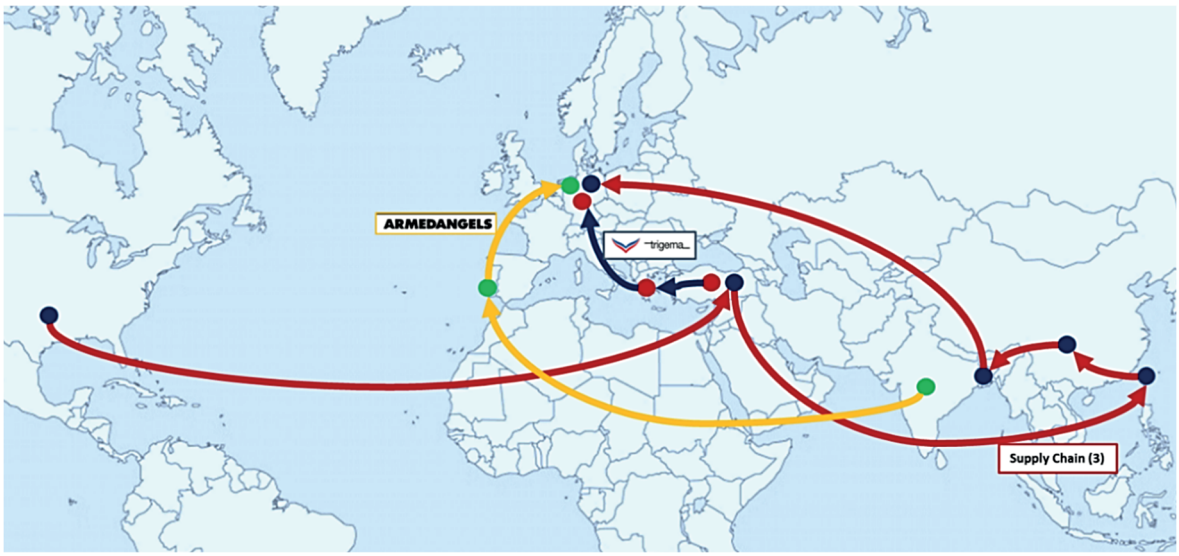


Abbildung 17: Reduktion von Transportemissionen durch kundennahe Wertschöpfungsprozesse

Durch die Verwendung von Bio-Baumwolle sowie einer (in welcher Form auch immer realisierten) CO_2-Neutralität können Unternehmen mit einem Anspruch auf Nachhaltigkeit zumindest die umweltbezogenen Kriterien erfüllen. Aber wie können die sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit mit einbezogen werden? Der Global Organic Textile Standard (GOTS) ist ein Nachhaltigkeitslabel, das nicht nur umwelttechnische Anforderungen entlang der gesamten textilen Supply Chain einfordert, sondern gleichzeitig auch die Einhaltung von bestimmten Sozialkriterien. So hebt beispielsweise die bleed clothing GmbH die Einhaltung von sozialen Standards in der Textilproduktion hervor.[35] Darüber hinaus existieren weitere Möglichkeiten, nachhaltige Textilien zu zertifizieren: Der Standard des Internationalen Verbands der Naturtextilwirtschaft e. V. (IVN zertifiziert) geht z. B. etwas über die GOTS-Kriterien hinaus, hohe Sozialstandards legt das Label der Fair Wear Foundation zugrunde und Fairtrade Textile Production und Fair-trade Cotton bestätigen vor allem Aspekte eines fairen Handels, während Oeko-Tex 100 die Giftfreiheit von Textilien nachweist.[36] Einen umfassenden Überblick zu Textilsiegeln und ihrer Wirkung auf den Konsumenten

[33] https://www.trigema.de/magazin/weg-eines-t-shirts/.

[34] https://www.armedangels.com/de-de/mission/sustainable-production/vom-rohstoff-zum-produkt.

[35] https://www.bleed-clothing.com/deutsch/fair-produziert.

[36] https://utopia.de/siegel/gots-siegel-global-organic-textile-standard/.

liefern Heusinger/Felch (2021). Die Einhaltung von sozialen und ökologischen Kriterien in der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts ist jedoch auch mit Kosten verbunden, welche sich im Verkaufspreis niederschlagen. Daher liegt es insbesondere in der Hand der Endverbraucher, ob nachhaltige Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts Standard werden. Hier kann – eine entsprechende Kennzeichnung vorausgesetzt – eine bestimmte Zahlungsbereitschaft identifiziert werden (Kramer/Sucky, 2021).

Gemäß einer aktuellen Studie von BME und IntegrityNext bereitet sich die Mehrheit der Unternehmen auf das Lieferkettengesetz und seinen Transparenzansprüchen bezüglich Nachhaltigkeit in der Supply Chain vor. So führt bereits die Mehrheit der Unternehmen Lieferantenbewertungen zu Nachhaltigkeitsthemen durch. Die Beachtung von ESG-Kriterien (Environmental, Social und Governance) wird jedoch nicht allein durch Anforderungen des Gesetzes getrieben, sondern auch aufgrund des Verantwortungsbewusstseins der Unternehmen sowie des Drucks der Endkunden (BME, 2022). Der hier gezeigte Ansatz auf Basis der Aktivitätsanalyse unterstützt eine Modellierung, Bewertung und Auswahl nachhaltiger Supply Chains durch eine ganzheitliche Betrachtung der gesamten Supply Chain. Für ein nachhaltiges Supply Chain Design ist es entscheidend, dass die ökologischen und sozialen Kriterien der Nachhaltigkeit nicht nur auf einzelnen Wertschöpfungsstufen eingehalten bzw. erfüllt werden, sondern über die gesamte Supply Chain hinweg.

6 Literatur

About You (o. J.): Wie viel Baumwolle braucht man für ein T-Shirt? - ASK ABOUT YOU. Abgerufen am 03.09.2021 von https://ask.aboutyou.de/q/wie-viel-baumwolle-braucht-man-fur-ein-t-shirt-198.html.

Ahi, P./Searcy, C. (2015): An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains, in: Journal of Cleaner Production. 86 (1), S. 360–377.

Ankenbrand, K./Linß, I./Sucky, E. (2019): Theorie(n) des Supply Chain Managements: Eine Literaturanalyse, in: Sucky, E./Werner, J./Kolke, R./Biethahn, N./Vogelsang, M. (Hrsg.), Mobility in a Globalised World 2018, Bamberg, S. 114–137.

Arretz, M. (2011): Die nachhaltige Gestaltung von Lieferketten, in: Gabath, C. W. (Hrsg.), Innovatives Beschaffungsmanagement. Trends, Herausforderungen, Handlungsansätze, Wiesbaden, S. 107–111.

Arretz, M./Meyer, K. (2018): Die Bedeutung von Nachhaltigkeit in der Lieferkette für mittelständische Textilunternehmen, in: Heinrich, P. (Hrsg.), CSR und Fashion. Nachhaltiges Management in der Bekleidungs- und Textilbranche, Berlin u. a., S. 303–318.

Asdecker, B. (2014): Retourenmanagement im Versandhandel - Theoretische und empirisch fundierte Gestaltungsalternativen für das Management von Retouren, Bamberg.

Baier, A. (o. J): Vom Baumwollfeld bis in den Kleiderschrank. Abgerufen am 03.02.2022 von http://www.pan-germany.org/download/fs_bw_b_schrank.pdf.

Barbosa-Povoa, A. P./Mota, B./Carvalho, A. (2018): How to design and plan sustainable supply chains through optimization models?, in: Pesquisa Operacional. 38 (3), S. 363–388.

Batz, M. (2021): Nachhaltigkeit in der Sozialwirtschaft: Eine Einführung, Wiesbaden.

Brameier, U. (2019): Baumwolle und Textilien, oder: „Gibt's das auch in fair?“. Abgerufen am 11.09.2021 von https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/mediathek/pdf/fairtrade_unterrichtseinheit_baumwolle_textilien.pdf.

Brandenburg, M./Govindan, K./Sarkis, J./Seuring, S. (2014.): Quantitative models for sustainable supply chain management: developments and directions, in: European Journal of Operational Research. 233, S. 299–312.

Breitkopf, A. (2021): CO2-Emissionsfaktor für den Strommix in Deutschland bis 2020. Abgerufen am 15.09.2021 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/.

Bremer Baumwollbörse (2021): Wie viel Wasser braucht Baumwolle wirklich. Abgerufen am 08.02.2022 von https://baumwollboerse.de/2021/05/11/wie-viel-wasser-braucht-baumwolle-wirklich/.

Bretzke, W.-R. (2014): Nachhaltige Logistik, Zukunftsfähige Netzwerk- und Prozessmodelle. 3. Auflage, Berlin u. a.

BME, Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e. V. (2022): Nachhaltige Lieferketten: Auf Firmen wartet noch viel Arbeit. Abgerufen am 28.02.2022 von https://www.bme.de/4072/.

Carboncare (o. J.): CO2-Rechner der Treibhaus-Effekte für Transport und Logistik. Abgerufen am 15.09.2021 von https://www.carboncare.org/co2-emissions-rechner.html.

Carlowitz, H. C. v. (1713): Sylvicultura Oeconomica: Oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht, Kronberg (abrufbar unter: https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb10214444).

Chapagain, A. K./Hoekstra, A. Y./Savenije, H. H. G./Gautam, R. (2006): The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries, in: Ecological Economics. 60 (1), S. 186–203.

Corsten, H./Gössinger, R. (2008): Einführung in das Supply Chain Management. 2. Auflage, München.

Corsten, H./Gössinger, R. (2012): Produktionswirtschaft. Einführung in das industrielle Produktionsmanagement, München u. a.

Cotton made in Africa (2012): Cotton made in Africa spart Wasser und Treibhausgas-Emissionen. Abgerufen am 15.09.2021 von https://cottonmadeinafrica.org/news/cotton-made-in-africa-spart-wasser-und-treibhausgas-emissionen-2/.

De Meza, D./Van Der Ploeg, F. (1987): Production flexibility as a motive for multinationality, in: The Journal of Industrial Economics. 35 (3), S. 343–351.

Dinkelbach, W./Rosenberg, O. (2011): Erfolgs-und umweltorientierte Produktionstheorie, Berlin.

Döring, R./Ott, K. (2001): Nachhaltigkeitskonzepte, in: Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik. 3, S. 315-338.

Dürr, C. (2021): Die Globale Lieferkette - Unser Wohlstand, Deren Armut!. Abgerufen am 28.08.2021 von https://www.transparency.de/fileadmin/Redaktion/Aktuelles/Veranstaltungen/Praesentationen/21-02-24_Globale_Lieferketten_-_unser_Wohlstand__deren_Armut.pdf.

Dyckhoff, H. (2006): Produktionstheorie. Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft. 5. Auflage, Berlin.

Dyckhoff, H. (2013): Betriebliche Produktion: Theoretische Grundlagen einer umweltorientierten Produktionswirtschaft, Berlin.

Dyckhoff, H./Spengler, T. S. (2010): Produktionswirtschaft. Eine Einführung, Berlin.

ECCHR-European Center of Constitutional and Human Rights e.V. (2010): Typische Menschenrechtsproblematik: Ausbeuterische Arbeitsbedingungen – insbesondere Kinderarbeit – in der Textilindustrie. Staatlich angeordnete Zwangs- und Kinderarbeit in Usbekistans Baumwollsektor, Berlin.

Elkington, J. (1998): Cannibals with Forks: The triple Bottom Line of the 21st Century, Stoney Creek, CT.

Eskandarpour, M./Dejax, P./Miemczyk, J./Péton, O. (2015): Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review, in: Omega. 54, S. 11–32.

Fandel, G. (2005): Produktion I. Produktions- und Kostentheorie. 6. Auflage, Berlin.

Fandel, G./Lorth, M./Blaga, S. (2008): Übungsbuch zur Produktions- und Kostentheorie. 3. Auflage, Berlin.

Fehr, S. (2015): Arbeitsbedingungen in Bangladesch: Korruption besser bekämpfen. Abgerufen am 28.08.2021 von https://taz.de/Arbeitsbedingungen-in-Bangladesch/!5261177/.

FEMNET e.V. (2020): Klimaschäden durch die Bekleidungsindustrie. Abgerufen am 20.08.2021 von https://femnet.de/informationen/materialien-medien/broschueren-flyer/fuer-verbraucher-innen/1463-femnet-factsheet-klimaschaeden-durch-die-bekleidungsindustrie.html.

Ferenschild, S. (2013): Von weißem Gold und goldenem Öl - Flächennutzungskonflikte und Migration an den Beispielen Baumwolle und Palmöl, Siegburg.

Ferenschild, S. (2015): Niedriglöhne und Kinderarbeit - Arbeit in der Produktion von Baumwollsaatgut in Indien, Bonn.

Ferenschild, S./Katiyar, S. (2015): Harte Arbeit für weiche Fasern - Arbeitsrechtsverletzungen in indischen Entkernungsfabriken, Bonn.

Flämig, H. (2015): Logistik und Nachhaltigkeit, in: Heidbrink, L.; Meyer, N.; Reidel, J.; Schmidt, I. (Hrsg.), Corporate Social Responsibility in der Logistikbranche, Berlin, S. 25–44.

Galileo (2009): Galileo - Video - Der Weg des T-Shirts – ProSieben. Abgerufen am 03.09.2021 von https://www.prosieben.de/tv/galileo/videos/der-weg-des-t-shirts-clip.

Gogoll, F./Wenke, M. (2017): Unternehmensethik, Nachhaltigkeit und Corporate Social Responsibility: Instrumente zur Einführung eines Verantwortungsmanagements in Unternehmen, Stuttgart.

Gschnell, V. (2017): Von der Baumwolle in unserem Kleiderschrank, Brixen.

Hahn, D. (2000): Problemfelder des Supply Chain Management, in: Wildemann, H. (Hrsg.), Supply Chain Management, München, S. 9–19.

Henkel, M. (2017): Baumwolle Teil II: Von der Rohware zum Stoff. Abgerufen am 31.08.2021 von https://www.carlmarie.de/magazin/wissen/baumwolle-teil2-verarbeitung/.

Heusinger, J./Felch, V. (2021): Nachhaltigkeit in der Textil- und Bekleidungsindustrie: Eine empirische Untersuchung des Einsatzes von Textilsiegeln, in: Sucky, E./Biethahn, N./Werner, J. (Hrsg.), Mobility in a Globalised World 2020, Bamberg 2021, S. 199–228.

Heusler, K. F. (2004): Implementierung von Supply Chain Management – Kompetenzorientierte Analyse aus der Perspektive eines Netzwerkakteurs, Wiesbaden.

Hinzmann, B. (2009): Arbeits- und Menschenrechte in der Textilindustrie. Abgerufen am 11.09.2021 von https://www.bpb.de/internationales/weltweit/menschenrechte/38751/textilindustrie?p=all.

Houtman, J. (1998): Elemente einer umweltorientierten Produktionstheorie, Wiesbaden.

ICAC (2021): The ICAC Recorder, International Cotton Advisory Board, Special Issue: Snippets on Cotton production & Trade 2021, June 2021, Volume XXXIX, No. 2. Abgerufen am 08.02.2022 von https://www.icac.org/Content/PublicationsPdf%20Files/dc12ae98_fb9b_40dc_9649_8bd8776c749d/e-cotton-recorder2_2021_revised.pdf.pdf.

IGB, Internationaler Gewerkschaftsbund (2021): Der Globale Rechtsindex des IGB 2021, Die schlimmsten Länder der Welt für erwerbstätige Menschen. Abgerufen am 19.01.2022 von https://files.mutualcdn.com/ituc/files/ITUC_GlobalRightsIndex_2021_DE.pdf.

Johannes (2016): Von der Baumwolle zum T-Shirt: Eine Reise von 20.000 Kilometer bis in den Kleiderschrank. Abgerufen am 19.07.2021 von https://www.jazzyshirt.de/magazin/von-der-baumwolle-zum-t-shirt/.

Jonas, H. (1979): Das Prinzip Verantwortung – Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation, Frankfurt am Main.

Kabadurmus, O./Erdogan, M.S. (2020): Sustainable, multimodal and reliable supply chain design, in: Annals of Operations Research. 292, S. 47–70.

Kersten, W./von See, B./Indorf, M. (2018): Digitalisierung als Wegbereiter für effizientere Wertschöpfungsnetzwerke, in: Khare, A.; Kessler, D.; Wirsam, J. (Hrsg.), Marktorientiertes Produkt- und Produktionsmanagement in digitalen Umwelten, Festgabe für Klaus Bellmann zum 75. Geburtstag, Wiesbaden, S. 101–117.

Koopmans, T. C. (1951): An analysis of production as an efficient combination of activities, in: Koopmans, T. C. (Hrsg.), Activity Analysis of Production and Allocation, New York, S. 33–97.

Kotzab, H. (2000): Zum Wesen von Supply Chain Management vor dem Hintergrund der betriebswirtschaftlichen Logistikkonzeption – erweiterte Überlegungen, in: Wildemann, H. (Hrsg.), Supply Chain Management, München, S. 21–47.

Kramer, A./Sucky, E. (2021): CO2-Label bei Konsumgütern – eine empirische Studie zu Akzeptanz und Mehrwert aus Sicht der Konsumenten, in: Sucky, E./Biethahn, N./Werner, J. (Hrsg.), Mobility in a Globalised World 2020, Bamberg, S. 229–256.

Kramper, G. (2017): 200 Dollar Entnahmegebühr – so saugt Nestlé eine Gegend trocken. Abgerufen am 29.12.2021 von https://www.stern.de/wirtschaft/news/nur-200-dollar-entnahmegebuehr---so-saugt-nestl%C3%A9-eine-gegend-trocken-7477578.html.

Krieger, C./Sackmann, D. (2018): Soziale Nachhaltigkeit im Supply Chain Design, in: Dovbischuk, I./Siestrup, G./Tuma, A. (Hrsg.), Nachhaltige Impulse für Produktion und Logistikmanagement. Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Hans-Dietrich Haasis, Wiesbaden, S. 167–176.

Krol, G.-J. (1986): Das Umweltproblem aus ökonomischer Sicht, in: Gegenwartskunde, Heft 3/1986, S. 377–408.

Kumar, N. R./Kumar, R. S. (2013): Closed loop supply chain management and reverse logistics - A literature review, in: International Journal of Engineering Research and Technology. 6 (4), S. 455–468.

McKinsey (2020): Fashion on climate – How the fashion industry can urgently act to reduce its greenhouse gas emissions. Abgerufen am 08.02.2022 von https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Retail/Our%20Insights/Fashion%20on%20climate/Fashion-on-climate-Full-report.pdf.

Menschenrechtszentrum Nürnberg (2015): Die Textile Kette - Reise eines Billigshirts. Abgerufen am 03.09.2021 von https://www.youtube.com/watch?v=6l3ITUv8EmU.

Micklin, P. (2016): The future Aral Sea: hope and despair, in: Environmental Earth Sciences. Volume 75, Article number: 844 (2016).

Ökoprojekt Mobilspiel e.V. (o. J.): Marken, Mode und Moneten. Ursachen von Kinderarbeit. Abgerufen am 30.08.2021 von https://www.praxis-umweltbildung.de/dwnl/kleidung/kopiervorlage_ursachen%20kinderarbeit.pdf.

Planetly (o. J.): CO2-Äquivalente (CO2e). Abgerufen am 28.08.2021 von https://de.planetly.com/glossar/co2-aquivalente-co2e.

Publiceye (o. J.): Rana Plaza - Fabrikeinsturz in Bangladesch. Abgerufen am 28.08.2021 von https://www.publiceye.ch/de/themen/mode/gesundheit-sicherheit-arbeitsplatz/bangladesch/rana-plaza.

Reichert, I. (2019): Kleidung: So macht sie unsere Umwelt kaputt. Abgerufen am 21.08.2021 von https://www.quarks.de/umwelt/kleidung-so-macht-sie-unsere-umwelt-kaputt/.

Schlüter, M. (2003): Tradition, Selbstbestimmung, Kooperation und die Zukunft des Aralsees – Eine Suche nach neuen Wegen aus der Krise, in: Kaiser, M. (Hrsg.), WeltWissen. Entwicklungszusammenarbeit in der Weltgesellschaft, Bielefeld, S. 227–243.

Schreiber, L. (2019): Optimization and simulation for sustainable supply chain design, in: Digital Transformation in Maritime and City Logistics: Smart Solutions for Logistics. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), Vol. 28, S. 271–298.

Seuring, S. (2013): A Review of Modeling Approaches for Sustainable Supply Chain Management, in: Decision Support Systems. 54 (3), S. 1513–1520.

Seuring, S./Müller, M. (2008): From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management, in: Journal of Cleaner Production. 16 (15), S. 1699–1710.

Siebenhüner, B. (2001): Homo sustinens. Auf dem Weg zu einem Menschenbild der Nachhaltigkeit, Marburg.

Sommer, P. (2007): Umweltfokussiertes Supply Chain Management - Am Beispiel des Lebensmittelsektors, Wiesbaden.

Spengler, T. S. (2021): Sustainable Supply Chain Management. Bewertung und Gestaltung nachhaltiger Lieferketten. Abgerufen am 28.01.2022 von https://vhbonline.org/ueber-uns/100-jahre-vhb/100-schlaglichter-der-bwl/12012022-sustainable-supply-chain-management.

Stadtler, H. (2015): Supply Chain Management: An Overview, in: Stadtler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.), Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies, Berlin, S. 3–28.

Sucky, E. (2018): Produktions- und Distributionsnetzplanung, in: Furmans, K.; Kilger, C. (Hrsg.), Gestaltung der Struktur von Logistiksystemen, Berlin, S. 19–39.

Sucky, E. (2022): Supply Chain Management, Stuttgart 2022.

Sucky, E./Hönscheidt, I. (2008): Dynamische Konfiguration von Logistiknetzwerken, in: Becker, J., Knackstedt, R., Pfeiffer, D. (Hrsg.), Wertschöpfungsnetzwerke - Konzepte für das Netzwerkmanagement und Potenziale aktueller Informationstechnologien, Heidelberg, S. 133–152.

Sucky, E./Krogoll, V. (2016): Internalisierung externer Effekte - Ein Weg zur nachhaltigen Logistik?, in: Sucky, E./Werner, J./Kolke, R./Biethahn, N. (Hrsg.), Mobility in a Globalised World 2015, Bamberg, S. 214–237.

Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S. (2016): Market introduction strategies for alternative powertrains in long-range passenger cars under competition, in: Transportation Research Part D: Transport and Environment. 45, S. 4–27.

Thies, C./Kieckhäfer, K./Hoyer, C./Spengler, T. S. (2018a): Economic Assessment of the LithoRec Process, in: Kwade, A./Diekmann, J. (Hrsg.), Recycling of Lithium-Ion Batteries, Cham: Springer, S. 253–266.

Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S./Sodhi, M. S. (2018b): Spatially differentiated sustainability assessment for the design of global supply chains, in: Procedia CIRP. 69, S. 435–440.

Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S./Sodhi, M. S. (2019a): Operations Research for sustainability assessment of products – A review, in: European Journal of Operational Research. 274 (1), S. 1–21.

Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S./Sodhi, M. S. (2019b): Assessment of social sustainability hotspots in the supply chain of lithium-ion batteries, in: Procedia CIRP. 80, S. 292–297.

Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S. (2021): Activity analysis based modeling of global supply chains for sustainability assessment, in: Journal of Business Economics. 91 (2), S. 215–252.

Touboulic, A./Walker, H. (2015): Theories in sustainable supply chain management: A structured literature review, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 45, S. 16–42.

Transformers Foundation (2021): Cotton: A Case Study in Misinformation - A Report on Building Critical Data Consumption in Fashion. Abgerufen am 08.02.2022 von https://static1.squarespace.com/static/5efdeb17898fb81c1491fb04/t/615e06bfe1c0673ad2ae61c5/1633552067271/CottonPaper_071021_TransformersFoundation_.pdf.

Transparency International (2021): CPI – Korruptionswahrnehmungsindex 2021. Abgerufen am 04.02.2022 von https://www.transparency.de/cpi/; https://www.transparency.org/en/cpi/2021.

TRIGEMA Online Team (2021): Der Weg eines T-Shirts - Herstellung & Transport. Abgerufen am 31.08.2021 von https://www.trigema.de/magazin/weg-eines-t-shirts/.

Umweltinstitut München (2016): Anbau von Baumwolle. Abgerufen am 18.07.2021 von http://www.umweltinstitut.org/fragen-und-antworten/bekleidung/anbau-von-baumwolle.html.

UnitJuggler (o. J.): Megajoule in Kilowattstunden umrechnen - Energie online konvertieren Abgerufen am 15.09.2021 von https://www.unitjuggler.com/energy-umwandeln-von-MJ-nach-kWh.html?val=32,6.

UTA (2015): Wie Wird Mein T-Shirt Produziert Und Was Ist Es Wirklich Wert?. Abgerufen am 01.09.2021 von http://www.aethic.de/2015/09/22/wie-wird-mein-t-shirt-produziert-und-was-ist-es-wirklich-wert/.

VERBRAUCHER INITIATIVE e.V. (o. J.): Baumwolle. Abgerufen am 30.08.2021 von http://www.oeko-fair.de/clever-konsumieren/kleiden-schmuecken/baumwolle/.

Wagener, L. (2019): Was ist CO2? Definition, Entstehung & Einfluss aufs Klima. Abgerufen am 20.08.2021 von https://www.co2online.de/klima-schuetzen/klimawandel/was-ist-co2/.

WCED, World Commission on Environment and Development (1987): Our common future, Oxford, (abrufbar unter: https://www.netzwerk-n.org/wp-content/uploads/2017/04/0_Brundtland_Report-1987-Our_Common_Future.pdf).

Wiegmann, K. (2002): Anbau und Verarbeitung von Baumwolle - Dokumentation der GEMIS-Daten, Freiburg u. a.

Wirklich, K. (2021): So viel CO2 steckt in einem T-Shirt. Abgerufen am 20.08.2021 von https://www.polarstern-energie.de/magazin/artikel/so-viel-energie-steckt-in-einem-t-shirt-wirklich/.

Wittstruck, D./Teuteberg, F. (2010): Ein Referenzmodell für das Sustainable Supply Chain Management, in: Zeitschrift für Management. 5 (2), 141–164.

WWF (2000): The impact of cotton on fresh water resources and ecosystems. Abgerufen am 08.02.2022 von https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/impact_long.pdf.

Die Toilettenpapier-Krise und der Bullwhip-Effekt: Wird ein altbekannter Effekt neu entdeckt? – Eine retrospektive Betrachtung

Eric Sucky

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg, eric.sucky@uni-bamberg.de

David Karl

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg, david.karl@uni-bamberg.de

1 Einleitung 94

2 Relevante Literatur 95

3 Distributionssysteme und Nachfrageschwankungen 95

4 Der Bullwhip-Effekt in Supply Chains 98

5 Diskussion 101

6 Zusammenfassung 103

7 Literaturverzeichnis 104

Abstract:

Die Lage im Einzelhandel zu Beginn der Corona-Pandemie stellte Logistiker vor Herausforderungen und die Verbraucher auf eine Geduldsprobe. Dies zeigte sich bei den Versorgungsengpässen für Toilettenpapier, die durch „Hamsterkäufe" der Verbraucher ausgelöst wurden. Doch wie kam es zu dieser „Toilettenpapier-Krise" und wie lange würde sie anhalten? Dieser Beitrag beschreibt eine retrospektive Einschätzung, wie sich bereits März 2020 der weitere Krisenverlauf abschätzen ließ. Anhand des im Supply Chain Management wohlbekannten Bullwhip-Effekts lassen sich Nachfrageschocks und die Auswirkungen auf die verschiedenen Stufen von Supply Chains analysieren. Im Falle der Toilettenpaper-Krise waren die Gründe für das Nachfragesignal für alle Institutionen offensichtlich. Es war also von Anfang an nicht von einem Bullwhip-Effekt zu sprechen: Der tatsächliche Toilettenpapier-Verbrauch ist langfristig konstant, was ein Aufschaukeln der Nachfrageschwankungen verhinderte.

JEL Classification: L22, M11

Keywords: Covid-19, Pandemie, Toilettenpapier, Engpass, Bullwhip-Effekt.

1 Einleitung

Die Lage im Einzelhandel zu Beginn der Corona-Pandemie stellte Logistiker vor Herausforderungen und die Verbraucher auf eine Geduldsprobe. Dies zeigte sich – nicht nur in Deutschland – insbesondere bei den Versorgungsengpässen für Toilettenpapier, die durch „Hamsterkäufe“ der Verbraucher ausgelöst wurden. Doch wie kam es zu dieser „Toilettenpapier-Krise“ und löste sie gar langfristige Implikationen aus? Insbesondere soll der Frage nachgegangen werden, ob dieser Verbraucher-induzierte „Nachfrageschock“ den in der betriebswirtschaftlichen Forschung wohlbekannten und gut erforschten Bullwhip-Effekt auslöste. So vermuten beispielsweise Chowdhury et al. (2021), dass plötzliche Nachfragespitzen in der Corona-Pandemie einen Bullwhip-Effekt auslösen könnten und rufen diesbezüglich zu weitergehender Forschung auf.



Abbildung 1: Leere Regale und Verbraucherhinweise in Einzelhandelsfilialen

Der folgende Beitrag soll gedanklich die Zeit zurückdrehen und eine retrospektive Analyse präsentieren, auf deren Basis bereits Mitte März 2020 der weitere Verlauf der Toilettenpapier-Krise abgeschätzt werden konnte. Abschnitt 2 nennt relevante Literatur, die in Bezug zur Toilettenpapier-Krise während der Corona-Pandemie steht. Abschnitt 3 zeigt den Aufbau von Distributionssystemen für Konsumgüter und geht auf die Prognostizierbarkeit von Produktnachfragen ein. Abschnitt 4 erläutert den Bullwhip-Effekt anhand einer beispielhaften Anwendung auf den Toilettenpapier-Nachfrageschock. Der darauffolgende Abschnitt 5 diskutiert, inwiefern sich die Toi-

lettenpapier-Krise als Bullwhip-Effekt beschreiben lässt, während Abschnitt 6 die Erkenntnisse aus diesen Überlegungen kurz zusammenfasst. Auf der Basis der gewonnenen Analyseergebnisse lassen sich bestimmte Handlungsempfehlungen für die betriebswirtschaftliche Praxis ableiten.

2 Relevante Literatur

Aus medizinischer Sicht ist Covid-19 vor allem eine Atemwegserkrankung, die gemäß des Reviews von Miri et al. (2020) nur in eher seltenen Fällen von Magen-Darm-Beschwerden begleitet und somit nicht direkt zu einem stark erhöhten Verbrauch an Toilettenpapier führt. Das Review von Labad et al. (2021) zeigt, dass in der Stresssituation Pandemie bestimmte Persönlichkeitsstrukturen indirekt zum Horten von Toilettenpapier beitrugen. Insbesondere die wahrgenommene Bedrohung durch Covid-19 sowie ein Hang zur Emotionalität beeinflusst das Anlegen von Vorräten wie bspw. von Toilettenpapier (Garbe et al., 2020). Auch Yang et al. (2021) begründen den plötzlichen Nachfrageanstieg mit emotionalen Faktoren wie Angst. Stratton (2021) beschreibt, dass Panikkäufe von Toilettenpapier als ein Produkt, welches den sozialevolutionären Fortschritt veranschaulicht, überall in der westlichen Welt zu beobachten waren. Auch in den USA wurde Mitte März 2020 innerhalb einer Woche Toilettenpapier im Wert eines ganzen Geschäftsjahres umgesetzt, wobei dies laut Boone/Ganeshan (2021) mittelfristig eine Flexibilisierung innerhalb der bislang schlank und effizient gestalteten Toilettenpapier-Supply Chain anstieß. Eine solche Flexibilisierung verspricht wiederum höhere Robustheit und Resilienz bei zukünftigen disruptiven Ereignissen (Zitzmann, 2018). Schließlich vermuten Chowdhury et al. (2021), dass plötzliche Nachfragespitzen in der Corona-Pandemie einen Bullwhip-Effekt mit den damit verbundenen negativen Auswirkungen auslösen können.

3 Distributionssysteme und Nachfrageschwankungen

Die Distributionssysteme von Handelsunternehmen und Unternehmen der Konsumgüterindustrie weisen typischerweise eine baumartige, divergierende, one-to-many-Struktur auf. Distributionssysteme übernehmen dabei die Ausgleichsfunktion bezüglich der Dimensionen Raum, Zeit, Menge und Sortiment zwischen den Wertschöpfungsstufen (Endprodukt-)Produktion und Absatz (Bretzke, 2010). Es erfolgt die logistische bzw. physische Distribution der Güter. Entsprechend umfasst die Distributionslogistik alle logistischen Aktivitäten, die im Zusammenhang mit der Belieferung des Kunden mit den Produkten stehen (Pfohl, 2018). Sachziel der Distributionslogistik ist hierbei die Bereitstellung der richtigen Ware, zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität und im richtigen Zustand. Das Sachziel konkretisiert sich somit in den Plowman (1964) zugeschriebenen ‚6 r'. Als siebtes ‚r' finden sich die richtigen Kosten als Formalziel, d. h. es wird ein bestmögliches Verhältnis zwischen erbrachter Leistung und angefallenen Kosten angestrebt.

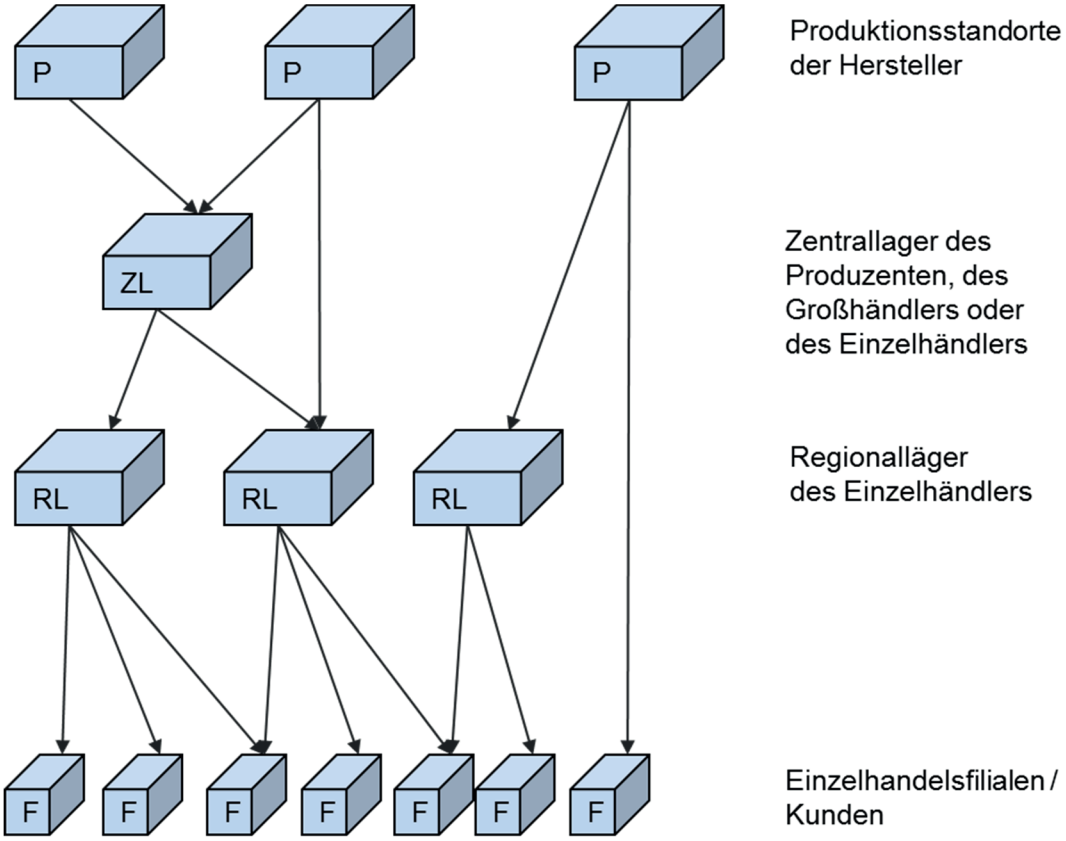


Abbildung 2: Distributionssystem für Konsumgüter

Die Waren gelangen dabei typischerweise vom Hersteller über Zentrallager des Herstellers, des Handelsunternehmens oder eines Großhändlers, über Regionallager bis in die Einzelhandelsfilialen bzw. zum Endkunden. Die Belieferung der Filialen erfolgt dabei auf der Basis von Filialbestellungen, welche teilweise automatisiert generiert werden, oftmals täglich. Da diese Distributionssysteme Beziehungen zwischen Unternehmen und den (End-)Kunden abbilden, handelt es sich um Business-to-Consumer (B2C)-Netzwerke (Sucky, 2022).

Gerade vor dem Hintergrund hoch automatisierter, hoch effizienter Distributionssysteme ist die Frage angebracht, warum es ausgerechnet bei Toilettenpapier zu solchen Versorgungsproblemen kommt. Geschlossene Grenzen, Importprobleme, lange Transportwege, fehlende Produktionskapazitäten können nicht der Grund sein. 2018 wurden in Deutschland 816,9 Mio. Kilogramm Toilettenpapier abgesetzt (Statista, 2022b). Gleichzeitig wurden 2018 in Deutschland rund 1,5 Millionen Tonnen Haushalts- und Hygienepapier (also z. B. Haushaltsrollen, Taschentücher und Klopapier) produziert (Statista, 2022a). Die deutsche Nachfrage nach Toilettenpapier ist somit vollständig „national“ abdeckbar – theoretisch. Beispielsweise produziert das schwedische Unternehmen Essity in sieben Fabriken in Deutschland nicht nur Toilettenpapier der Marken Zewa und Danke, sondern auch viele „No-Name“-Toilettenpapiere von Discountern und Handelsketten. Essity beschäftigt in Deutschland 4500 Mitarbeiter, davon im größten Werk in Mannheim fast 2000. Allein im Mannheimer Werk

werden dabei jährlich 283000 Tonnen Toilettenpapier, Taschentücher, Haushaltstücher und Servietten erzeugt. Weitere Produktionsstätten für Toilettenpapier betreibt Essity beispielsweise in Neuss und Kassel-Witzenhausen (Freytag/Diemand, 2020).

Güter können in Abhängigkeit ihres (historischen) Nachfrageverlaufs in drei Typen unterschieden werden: X-, Y- und Z-Güter. X-Güter sind dabei durch einen im Zeitverlauf weitgehend gleichbleibenden Verbrauch gekennzeichnet. Die Nachfrage weist nur gelegentliche Schwankungen um ein konstantes Niveau (Mittelwert) auf, so dass die Prognosegenauigkeit der Nachfrage sehr hoch ist. Y-Güter weisen einen trendförmig steigenden oder fallenden Verlauf und/oder einen saisonal schwankenden Verlauf auf. Hier ist die Vorhersagegenauigkeit immer noch ausreichend, aber die Prognose deutlich aufwändiger und fehleranfälliger. Z-Güter weisen eine unregelmäßige Nachfrage auf. Die Nachfrage kann stark schwanken oder lediglich sporadisch auftreten, so dass die Prognosegenauigkeit sehr gering ist.

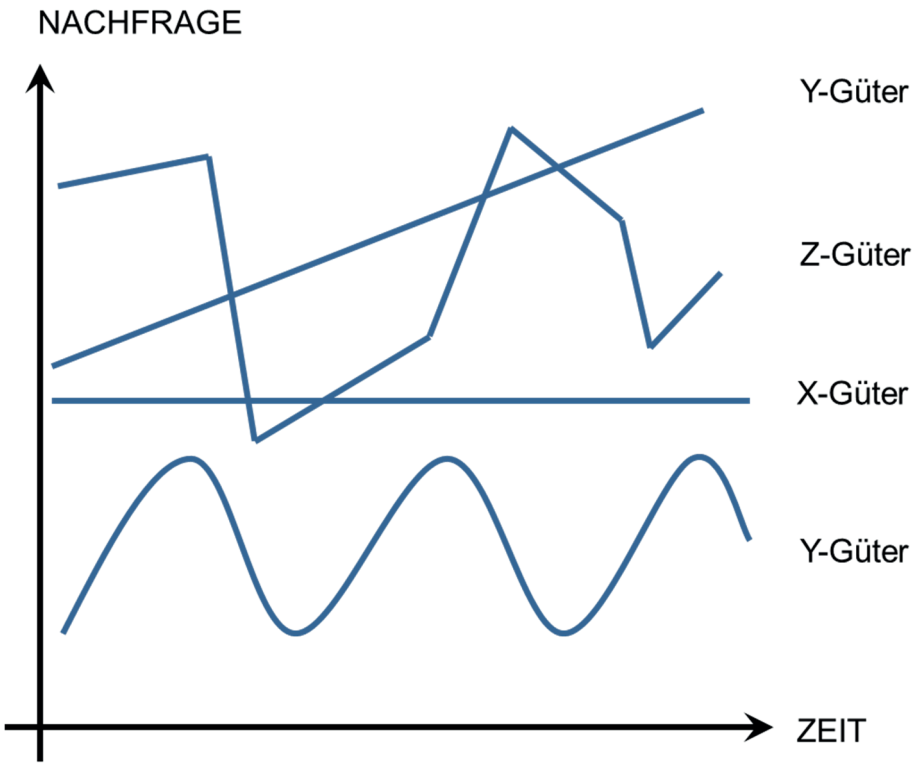


Abbildung 3: Klassifizierung von Gütern gemäß ihrer Nachfrageentwicklung im Zeitverlauf

Grundsätzlich (d. h. wenn die schlecht prognostizierbaren Z-Güter unbeachtet bleiben) können beobachtete Nachfrageverläufe drei Komponenten beinhalten: ein bestimmtes, konstantes Niveau, einen Trend sowie eine Saisonalität (Chopra/Meindl, 2014). Welches Prognoseverfahren anzuwenden ist bzw. welches Prognoseverfahren das geeignetste ist, hängt von den Ausprägungen dieser Komponenten ab.

Der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch im Segment Toilettenpapier lag im Zeitraum 2014 bis 2019 weitgehend konstant zwischen 9,7 und 9,9 kg. Die durchschnittliche Absatzveränderung in diesem Zeitraum liegt jährlich bei unter 1 % (Statista, 2022b). Bei Toilettenpapier handelt es sich somit um ein typisches X-Gut. Bei einem solch konstanten Nachfrageverlauf kann die Nachfrage einer Planungsperiode auf der Basis der (Ist-)Nachfragedaten der vergangenen Perioden (Zeitreihe) sehr gut geschätzt werden. Es können Verfahren der Gleitenden Durchschnitte (Moving Averages, MA) oder der Einfachen Exponentiellen Glättung (Single Exponential Smoothing, SES) eingesetzt werden (Thonemann, 2015).

4 Der Bullwhip-Effekt in Supply Chains

Die durch die Corona-Krise ausgelösten „Hamsterkäufe“ von Toilettenpapier „zerstörten“ die bis dahin sehr gut prognostizierbare Nachfrage. In der Folge könnte sich theoretisch ein in der Betriebswirtschaftslehre wohl bekannter Effekt einstellen: der Bullwhip-Effekt. Was hat es mit diesem Effekt auf sich? Der Bullwhip-Effekt beschreibt das Phänomen des Aufschaukelns von Bestell- und Produktionsquantitäten und der damit verbundenen Lagerbestände flussaufwärts über die einzelnen Wertschöpfungsstufen der Supply Chain (Stadtler, 1999).

Der Bullwhip-Effekt konnte in der betrieblichen Praxis beobachtet und nachgewiesen werden (Lee et al., 1997a, 1997b; Hammond, 1994). So beobachtete Procter & Gamble (P&G) diesen Effekt bei Babywindeln der Marke Pampers. Trotz des weitgehend konstanten Verbrauchs der Windeln wiesen die Bestellungen des Handels bei P&G starke Schwankungen auf. Bestellungen von P&G bei den Materiallieferanten (z. B. 3M) schwankten noch stärker. Auch die Analyse des Absatzes des Druckers LaserJet III von HP (Hewlett-Packard) ergab, dass die Nachfrage beim Händler nur leichte Schwankungen aufwies, während die Bestellungen des Händlers bei HP sowie die Bestellungen von HP bei den Lieferanten stark schwankten. Der italienische Nahrungsmittelkonzern Barilla beobachtete ebenfalls, dass die Nachfrage im Einzelhandel nach Pasta der Marke Barilla in Italien kaum Schwankungen aufwies, die Bestellungen des Einzelhandels beim Großhandel im Zeitverlauf jedoch schwankten. Die Bestellungen des Großhandels bei dem Pasta-Produzenten schwankten sogar sehr stark. Aufgrund der vielfältigen Beschäftigung mit diesem Phänomen folgern Lee et al. (2004, S. 1891): „Nowadays the bullwhip effect is a standard industry term and reference to it in industry publications has become commonplace.”

Andererseits hat eine Vielzahl von Wissenschaftlern gezeigt, dass sich der Bullwhip-Effekt zwar wunderbar eignet, Zusammenhänge und Abhängigkeiten in Supply Chains gerade Studierenden der Betriebswirtschaftslehre darzulegen und in Planspielen (z. B. dem beer distribution game) aufzuzeigen, er aber in der betrieblichen Praxis eher eine untergeordnete Rolle spielt. So konnten Cachon et al. (2007) in einer Studie

für die US-amerikanische Industrie nachweisen, dass sich die Bestell- und Produktionsquantitäten flussaufwärts in der Lieferkette eben nicht aufschaukeln. Hauptgrund für das Nicht-Auftreten des Bullwhip-Effekts ist die weitverbreitete Produktionsnivellierung. Durch Nivellierung und Glättung der Produktion erfolgt eine Entkopplung der einzulastenden Fertigungsaufträge bezüglich Menge und zeitlicher Reihenfolge von den vorliegenden Kundenaufträgen, wodurch ein Aufschaukeln von Bestell- und Produktionsquantitäten vermieden wird. Sucky (2009) zeigt, wie negativ korrelierte Nachfragen Schwankungen ausgleichen und somit ein potenzielles Aufschaukeln vermieden wird. Schließlich kann der Bullwhip-Effekt reduziert bzw. vermieden werden, indem eine Verstetigung des Materialflusses bzw. eine Synchronisation des Materialflusses mit der Kundennachfrage, durch eine unmittelbare, verzögerungsfreie Informationsbereitstellung der relevanten Nachfragedaten für alle Akteure in der Supply Chain realisiert wird (Steven/Krüger, 2001). Eine solche unternehmensübergreifende Weitergabe planungsrelevanter Informationen erfolgt im Rahmen des Konzepts Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR), welches in der Praxis weit verbreitet ist. Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) ist eine Initiative, die Bestandsmanagementmaßnahmen wie Continuous Replenishment oder Vendor Managed Inventory um die Komponente der gemeinsamen Prognoseerstellung und Planung der beteiligten Parteien erweitert. Produzenten und Handelsunternehmen teilen Informationen über historische Verkaufsverläufe, geplante Absatzförderungsmaßnahmen, Geschäftspläne und Vorhersagen. Diese Daten werden von den Supply Chain-Partnern gemeinschaftlich auf Abweichungen und deren möglichen Ursachen untersucht, um möglichst verbesserte, gemeinsame Vorhersagen und Pläne zu erhalten. Dadurch soll sichergestellt werden, dass zwischen der geplanten Verkaufsmenge des Händlers und der geplanten Produktionsmenge des Herstellers keine Differenz besteht (Chopra/Meindl, 2014). In diesem Kontext sagte Sam Walton, der Gründer von Wal-Mart: „People think we got big by putting big stores in small towns. Really we got big by replacing inventory with information“ (Huo et al., 2016).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die “Toilettenpaper-Krise” von März 2020 zukünftig in Lehrbüchern der Betriebswirtschaftslehre als weiteres Beispiel für den Bullwhip-Effekt eingehen wird. Zunächst soll der Bullwhip-Effekt an einem stark vereinfachten Beispiel demonstriert werden. Hierzu wird eine (für Toilettenpapier typische) Lieferkette bestehend aus einem Produzenten, einem Großhändler und einem Einzelhändler betrachtet (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 4: Lieferkette für Toilettenpapier
Quelle: www.die-wirtschaftsmacher.net

Der Einzelhändler prognostiziert die zukünftige Nachfrage auf Basis des gleitenden Durchschnitts von zwei Perioden, da es sich um ein X-Gut mit relativ konstantem Nachfrageverlauf handelt. Seine Bestellungen beim Großhändler ergeben sich im Rahmen einer einfachen Order-up-to-Politik (klassische Bestellrhythmus-Politik), d. h. unter Beachtung des vorhandenen Lagerbestands und der tatsächlichen Abverkäufe wird die Bestellung so dimensioniert, dass das Lager bis zur prognostizierten Nachfrage aufgefüllt wird. Analog ergeben sich die Bestellungen des Großhändlers bei dem Produzenten sowie die Produktionsquantitäten des Herstellers. Für die Nachfrage beim Einzelhändler wird unterstellt, dass diese auf einem bestimmten Niveau konstant ist, bis in der 3. Periode ein Nachfrageschock derart auftritt, dass die Nachfrage unerwartet um 50 % ansteigt. Danach fällt die Nachfrage wieder auf das konstante Niveau der Vorperioden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Auswirkungen dieses einmaligen Nachfrageschocks auf Bestell- und Produktionsquantitäten sowie auf die Lagerbestände in der betrachteten Lieferkette.

Die durch den einzelnen Nachfrageschock ausgelösten Schwankungen der Bestell-, Produktionsmengen und Lagerbestände nehmen flussaufwärts entlang der Lieferkette zu. Das illustrative Beispiel zeigt, dass die Folgen des Bullwhip-Effekts mit steigenden Bestandskosten, steigenden Produktionskosten, steigenden Transportkosten, steigenden Durchlaufzeiten und einer sinkenden Marktreaktivität gegeben sind. Es zeigt sich aber auch, dass sich das System innerhalb von fünf Perioden wieder einpendelt.

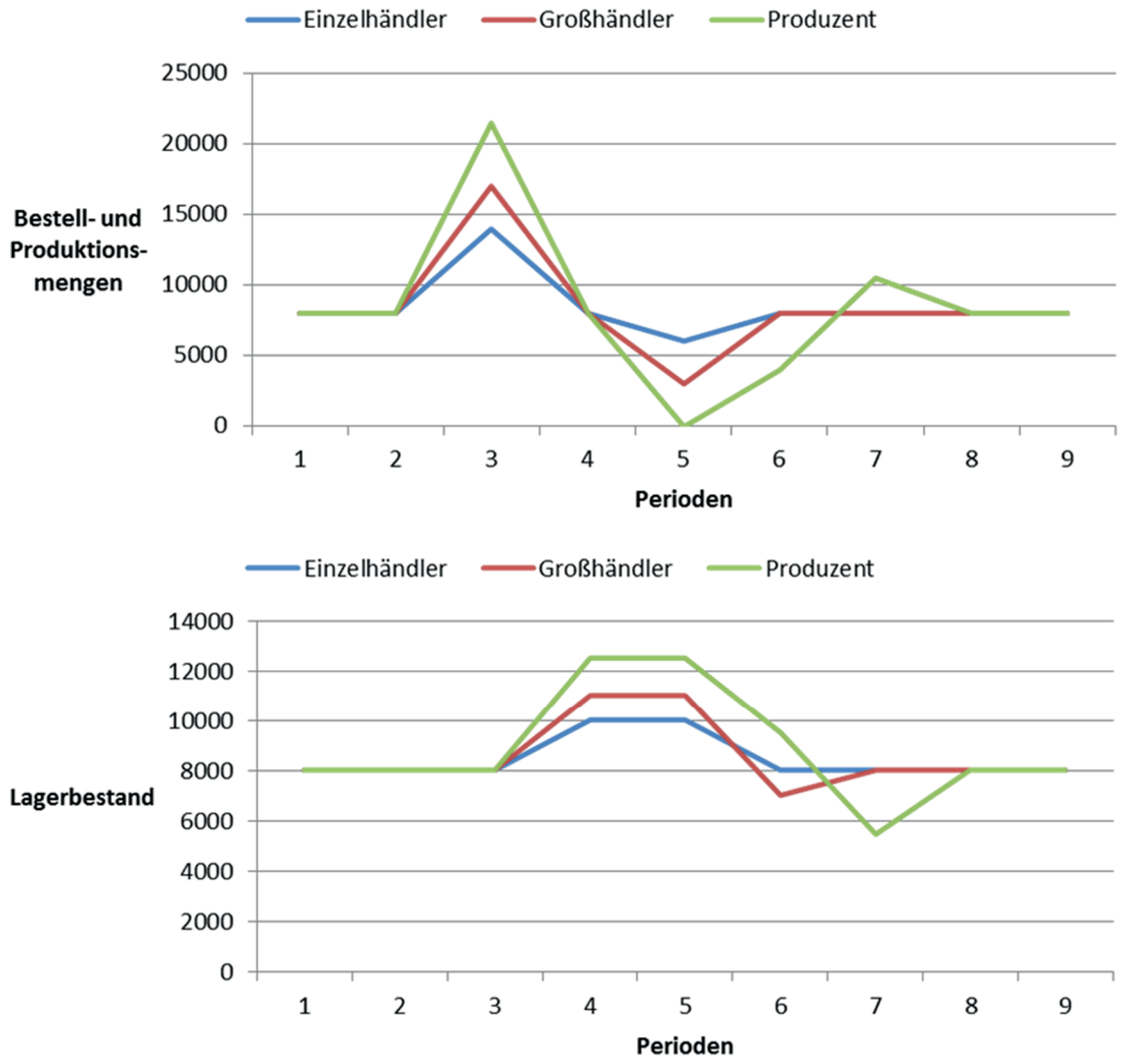


Abbildung 5: Bestell- und Produktionsquantitäten sowie Lagerbestände in der Lieferkette

5 Diskussion

Wird nun die Situation in Deutschland von Mitte März 2020 betrachtet, so spricht zunächst einiges für einen Toilettenpapier-Bullwhip-Effekt. So teilte Christian Böttcher, Sprecher des Bundesverbands des Deutschen Lebensmittelhandels (BVLH), mit, dass von Februar bis März 2020 der Toilettenpapierverkauf eine Steigerung um 700 % erfahren hat (wallstreet:online, 2020; Freytag/Diemand, 2020). Dies ist somit ein echter Nachfrageschock. Der Leiter des Mannheimer Werkes von Essity wiederum gibt an, dass das Werk zurzeit 24 Stunden am Tag, sieben Tage die Woche produziere (Kendi-Prill, 2020). Entsprechend wird der Bullwhip-Effekt auch gerade im Internet mit der „Toiletten-Krise“ in Verbindung gebracht (Schader, 2020).

Allerdings spricht auch vieles dagegen. Wie bereits ausgeführt, ist das Phänomen des Bullwhip-Effekts im Rahmen des Supply Chain Managements gut analysiert und erforscht und wird beispielsweise auch als “first law of supply chain dynamics“ bezeichnet (Kouvelis et al., 2006, S. 450). Lee et al. (1997a) identifizieren insbesondere vier Ursachen für diesen Peitschenschlageffekt:

- Verarbeitung von Nachfragesignalen: Hierbei wird wie in unserem Beispiel die beobachtete Nachfrage als Signal für die zukünftige Nachfrage aufgefasst.
- Auftragsbündelung: Aus Kostengründen ist eine Bestellung in jeder Periode oft nicht wirtschaftlich, sodass Aufträge gebündelt werden. Dies führt zu Prognoseproblemen auf vorgelagerten Stufen in der Supply Chain.
- Engpasspoker: Ein Lieferant rationiert proportional zu den Bestellungen seiner Kunden aufgrund eines Lieferengpasses die Lieferungen, wodurch die Kunden zur Erhöhung ihrer Ration mehr bestellen als sie benötigen. Werden diese Bestellungen als Signal für die zukünftige Nachfrage aufgefasst, resultieren Prognoseprobleme auf vorgelagerten Stufen in der Supply Chain.
- Preisschwankungen: Vermutet ein Abnehmer steigende Preise, so ist damit zu rechnen, dass die derzeitige Nachfrage steigt und sich der Abnehmer Vorräte anlegt, die nicht auf die aktuelle Nachfragesituation abgestimmt sind. Auch dies führt zu Prognoseproblemen auf vorgelagerten Stufen in der Supply Chain.

Bei näherer Betrachtung können diese vier Gründe in einem einzigen zusammengefasst werden: falsche Verarbeitung von Nachfragesignalen. Entsprechend führt Sucky (2009, S. 313) aus: “These four causes are interdependent; the causes may interact and act in concert. However, the updating of demand forecasts appears to be the major source of the bullwhip effect.” Und genau an dieser Stelle widerspricht die “Toilettenpapier-Krise” dem Bullwhip-Effekt. Aufgrund von Konzepten wie CPFR oder Efficient Consumer Response (ECR) und moderner IT-Systeme kann davon ausgegangen werden, dass über die gesamte Lieferkette die Information gegeben ist, dass die beobachtete, überhöhte Nachfrage nach Toilettenpapier **nicht** als Signal für die zukünftige Nachfrage anzusehen ist. Handelsunternehmen und Hersteller berücksichtigen diesen einmaligen Nachfrageschock bzw. rechnen ihn in ihren Prognosen heraus. Einen Bullwhip-Effekt, wie er in der Literatur beschrieben wird, gibt es für Toilettenpapier nicht. Bestell- und Produktionsmengen schaukeln sich nicht entlang der Lieferkette auf. Solche kurzfristigen Nachfrageerhöhungen sind im Handel längst bekannt, z. B. aus dem Weihnachtsgeschäft.

Dass es bei Produkten wie Toilettenpapier zeitweise zu leeren Regalen kommt, liegt an der Struktur der etablierten Distributionssysteme. Auch wenn Filialen oftmals täglich beliefert werden, gilt dies vor allem für Lebensmittel. Eine Belieferung mit Hygieneartikeln wie Toilettenpapier erfolgt seltener. Hier auf eine tägliche Belieferung umzustellen ist schwierig, da die Transportkapazitäten beschränkt und mit den Waren

des täglichen Bedarfs gut ausgelastet sind. Zudem ist die Verlagerung der Nachfrage vom kommerziellen bzw. öffentlichen zum privaten Segment (bspw. wegen erhöhtem Beschäftigtenanteil im Home-Office) mit logistischen Friktionen verbunden (Kouvelis, 2021). Somit wird es sicherlich ein paar Tage brauchen, bis sich die Versorgungslage wieder normalisiert hat, da kurzfristig nicht auf Sicherheitsbestände zurückgegriffen werden kann, welche bei Gütern mit regelmäßiger Nachfrage quasi nicht vorhanden sind. Auch die Erhöhung von Produktionskapazitäten bei einer schlanken und auf Effizienz getrimmten hoch ausgelasteten Produktion ist nicht kurzfristig machbar, was zusätzlich der Entstehung des Bullwhip-Effekts entgegenwirkt (Boone/Ganeshan, 2021).

Insbesondere muss jedoch ein Punkt beachtet werden: Entscheidend ist nicht, wieviel Toilettenpapier gekauft wird, sondern wieviel verbraucht wird. Da die Menschen zukünftig nicht mehr Toilettenpapier verbrauchen werden als in der Vergangenheit, lautete bereits ausgehend von März 2020 die Prognose, dass in den Folgewochen bis April 2020 zunächst die „privaten“ Bestände abgebaut werden und die Nachfrage zurückgehen wird (Deutschlandfunk, 2020). Die Hamsterkäufe von Mitte März 2020 haben ein gut funktionierendes Logistiksystem kurzfristig belastet, von einem Bullwhip-Effekt kann jedoch genauso wenig gesprochen werden wie von einer Versorgungskrise für Toilettenpapier, zumindest solange die Versorgung mit den notwendigen Rohstoffen wie Altpapier oder Holzfasern gesichert ist.

6 Zusammenfassung

Retrospektiv zeigte dieser Beitrag, dass sich das Ausbleiben eines langanhaltenden Bullwhip-Effekts mit all seinen negativen Konsequenzen bereits inmitten der Toilettenpapier-Krise vorhersagen ließ. Einerseits pendelte sich die zugrundeliegende Nachfrage mittelfristig wieder ein, andererseits dämpfte und verhinderte die Trägheit der Produktions- und Distributionssysteme ein Aufschaukeln. Die Toilettenpapier-Krise lässt also übergeordnete Schlüsse in Bezug auf das Supply Chain Management zu: Global verfügbare Information über die tatsächliche Endkundennachfrage und zu den Ursachen für Nachfrageveränderungen anstelle einer stufenweise prognostizierten Nachfrage sind die wichtigste Grundlage für rationale Entscheidungen. Bezüglich des Managements derartiger Krisensituationen empfiehlt sich also unter der Voraussetzung von stabiler Rohstoffversorgung und bei Kenntnis der Gründe für kurzfristige Nachfrageschocks, panikartige Änderungen von Bestell- und Produktionsmengen zu unterlassen, um den Bullwhip-Effekt zu vermeiden.

7 Literaturverzeichnis

Boone, T./Ganeshan, R. (2021): The Great Toilet Paper Buy: Lessons for the Supply Chain, in: Foresight: The International Journal of Applied Forecasting. H. 61, S. 20–23.

Bretzke, W.-R. (2010): Logistische Netzwerke, Berlin, Heidelberg.

Cachon, G. P./Randall, T./Schmidt, G. M. (2007): In Search of the Bullwhip Effect, in: Manufacturing & Service Operations Management. Jg. 9, H. 4, S. 457–479.

Chopra, S./Meindl, P. (2014): Supply Chain Management. Strategie, Planung und Umsetzung, München.

Chowdhury, P./Paul, S. K./Kaisar, S./Moktadir, M. A. (2021): COVID-19 pandemic related supply chain studies: A systematic review, in: Transportation research. Part E, Logistics and transportation review. Jg. 148, S. 102271.

Deutschlandfunk (2020): Wir haben weiterhin gute Lieferbeziehungen. Abgerufen am 04.04.2022 von https://www.deutschlandfunk.de/dm-vorsitzender-zu-warenlieferungen-wir-haben-weiterhin-100.html.

Freytag, B./Diemand, S. (2020): Deutschland ist von der Rolle. Abgerufen am 04.04.2022 von https://www.faz.net/-gqe-9xskc.

Garbe, L./Rau, R./Toppe, T. (2020): Influence of perceived threat of Covid-19 and HEXACO personality traits on toilet paper stockpiling, in: PloS one. Jg. 15, H. 6, e0234232.

Hammond, J. H. (1994): Barilla SpA (A). Harvard Business School Case #694-046.

Huo, B./Han, Z./Prajogo, D. (2016): Antecedents and consequences of supply chain information integration: a resource-based view, in: Supply Chain Management: An International Journal. Jg. 21, H. 6, S. 661–677.

Kendi-Prill, K. (2020): Trotz Dauer-Produktion im Mannheimer Werk: Warum ist das Klopapier im Supermarkt so oft leer? Abgerufen am 04.04.2022 von https://www.mannheim24.de/mannheim/mannheim-coronavirus-klopapier-toilettenpapier-leer-supermarkt-werk-essity-produktion-werkleiter-13611887.html.

Kouvelis, P. (2021): Paradoxes and mysteries in virus-infected supply chains: Hidden bottlenecks, changing consumer behaviors, and other non-usual suspects, in: Business Horizons.

Kouvelis, P./Chambers, C./Wang, H. (2006): Supply Chain Management Research and Production and Operations Management: Review, Trends, and Opportunities, in: Production and Operations Management. Jg. 15, H. 3, S. 449–469.

Labad, J./González-Rodríguez, A./Cobo, J./Puntí, J./Farré, J. M. (2021): A systematic review and realist synthesis on toilet paper hoarding: COVID or not COVID, that is the question, in: PeerJ. Jg. 9, e10771.

Lee, H. L./Padmanabhan, V./Whang, S. (1997a): Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, in: Management Science. Jg. 43, H. 4, S. 546–558.

Lee, H. L./Padmanabhan, V./Whang, S. (1997b): The Bullwhip Effect in Supply Chains, in: Sloan Management Review. Jg. 38, H. 3, S. 93–102.

Lee, H. L./Padmanabhan, V./Whang, S. (2004): Comments on "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", in: Management Science. Jg. 50, 12_supplement, S. 1887–1893.

Miri, S. M./Roozbeh, F./Omranirad, A./Alavian, S. M. (2020): Panic of Buying Toilet Papers: A Historical Memory or a Horrible Truth? Systematic Review of Gastrointestinal Manifestations of COVID-19, in: Hepatitis Monthly. Jg. 20, H. 3.

Pfohl, H.-C. (2018): Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, Berlin, Heidelberg.

Plowman, E. (1964): Elements of Business Logistics, Stanford, zitiert nach: Logistik Initiative Schleswig-Holstein e.V. (2015): Plowman. Die „Seven Rights of Logistics", ihr Autor und ihre Geschichte, abgerufen von: http://logish.e-geb.de/wp-content/uploads//PlowmanBuch.pdf.

Schader, P. (2020): Lebensmittel-Logistik in der Corona-Krise: Warum es manchmal etwas dauert, bis die Regale im Supermarkt wieder aufgefüllt sind. Abgerufen am 04.04.2022 von https://www.supermarktblog.com/2020/03/17/lebensmittel-logistik-in-der-corona-krise-warum-es-manchmal-etwas-dauert-bis-die-regale-im-supermarkt-wieder-aufgefuellt-sind/.

Stadtler, H. (1999): Was bedeutet … Supply Chain Management und Supply Chain Planning, in: OR News, H. 5.

Statista (2022a): Produktion von Haushalts- und Hygienepapier in Deutschland bis 2020 | Statista. Abgerufen am 04.04.2022 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/270752/umfrage/produktion-von-haushalts-und-hygienepapier-in-deutschland/.

Statista (2022b): Toilettenpapier - Deutschland | Statista Marktprognose. Abgerufen am 04.04.2022 von https://de.statista.com/outlook/cmo/haushalts-hygienepapier/toilettenpapier/deutschland.

Steven, M./Krüger, R. (2001): Internationale Logistik: Vom internationalen Gütertransfer zum globalen Supply Chain Management, in: Sebastian, H.-J./Grünert, T. (Hrsg.), Logistik Management – Supply Chain Management und e-Business, Stuttgart u. a., S. 31–40.

Stratton, J. (2021): Coronavirus, the great toilet paper panic and civilisation, in: Thesis Eleven. Jg. 165, H. 1, S. 145–168.

Sucky, E. (2009): The bullwhip effect in supply chains—An overestimated problem?, in: International Journal of Production Economics. Jg. 118, H. 1, S. 311–322.

Sucky, E. (2022): Supply chain management, Stuttgart.

Thonemann, U. (2015): Operations Management. Konzepte, Methoden und Anwendungen, Hallbergmoos.

wallstreet:online (2020): 700 Prozent mehr Klopapier verkauft. Abgerufen am 04.04.2022 von https://www.wallstreet-online.de/nachricht/12331090-virus-lebensmittelhandel-700-prozent-klopapier-verkauft.

Yang, Y./Lin, J./Liu, G./Zhou, L. (2021): The behavioural causes of bullwhip effect in supply chains: A systematic literature review, in: International Journal of Production Economics. Jg. 236, S. 108120.

Zitzmann, I. (2018): Supply Chain-Flexibilität zur Bewältigung von Unsicherheiten. Dissertation. University of Bamberg Press.

Mobility as a Service während der Covid-19-Pandemie – Eine Kurzumfrage zur Nutzungsbereitschaft in Deutschland

David Karl

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg, david.karl@uni-bamberg.de

Jessica Dehler

Otto-Friedrich-Universität Bamberg, jessica-caecilia.dehler@stud.uni-bamberg.de

1 Einleitung 108

2 Mobility as a Service vor und während der Corona-Pandemie 109

3 Befragung zum Einfluss der Corona-Pandemie auf MaaS 118

4 Diskussion 123

5 Zusammenfassung 125

6 Literaturverzeichnis 126

Abstract:

Mobility as a Service (MaaS) gilt als alternatives Mobilitätskonzept zur privaten PKW-Nutzung. Da die Covid-19-Pandemie das Mobilitätsverhalten beeinflusst, wirkt sie sich auf die Verbreitung und Entwicklung von MaaS aus. Ziel dieses Beitrags ist es, den Einfluss der Corona-Pandemie auf die Bereitschaft zur Nutzung von MaaS-Angeboten zu untersuchen. Methodisch greift dieser Beitrag hierzu auf eine Online-Befragung von 245 potenziellen MaaS-Nutzern aus Deutschland zur persönlichen Einschätzung dieses Konzepts vor und während der Pandemie zurück. Die Pandemie hat vor allem zu Beginn das Mobilitätsverhalten und damit die MaaS-Nutzung stark beeinflusst. Insgesamt hatte sie für die Mehrheit der Befragten eher geringen Einfluss auf die MaaS-Nutzungsbereitschaft, doch bei etwa einem Drittel ist die Nutzungspräferenz gesunken. Einflussfaktoren wie z. B. die Angst vor Ansteckung in öffentlichen Verkehrsmitteln oder eine geringere Mobilitätsnachfrage könnten die veränderten Präferenzen erklären. Für die Praxis bedeuten die Ergebnisse dieser explorativen Studie, dass bestehende Projekte offensiv weiter beworben werden sollten, um in einer Phase des Übergangs von der pandemischen zur endemischen Situation grundsätzliche Befürworter von MaaS zurückzugewinnen.

JEL Classification: L91, O18, Q54, Q55, R41

Keywords: Mobility as a Service, MaaS, Covid-19, Pandemie, Nutzungsbereitschaft.

1 Einleitung

In vielen Ländern ist der PKW nach wie vor das dominierende Verkehrsmittel. In den letzten zehn Jahren ist die Zahl der zugelassenen PKW in Deutschland um ca. 14% angestiegen (Statistisches Bundesamt, 2021). Gleichzeitig steigt in ländlichen und kleinstädtischen Gebieten die PKW-Dichte stärker als in den Metropolen, obwohl gerade bei jungen Menschen der PKW als Statussymbol an Relevanz verliert (Brockjan et al., 2021). Zudem wächst das Umweltbewusstsein in der Bevölkerung angesichts des zu beobachtenden Klimawandels (Brockjan et al., 2021). Letztere Faktoren könnten perspektivisch die Bereitschaft in der Bevölkerung zur Nutzung umweltschonender alternativer Mobilitätsformen zum privaten PKW erhöhen, was einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten könnte.

In diesem Kontext gilt *Mobility as a Service* (kurz: MaaS) als ein zukunftsträchtiges Mobilitätskonzept. Für MaaS hat sich zum jetzigen Stand keine einheitliche Definition durchgesetzt (Hensher, 2020). Eine der ersten Beschreibungen dieses Konzepts hat Hietanen im Jahre 2014 formuliert:

„*Mobility as a Service (MaaS) is a mobility distribution model in which a customer's major transportation needs are met over one interface and are offered by a service provider.*“ (Hietanen, 2014, S. 2)

Mit MaaS ist ein Paradigmenwechsel verbunden (Hietanen, 2014): Die Erfüllung der Mobilitätsbedürfnisse der Kunden gilt zukünftig als Serviceleistung, welche vollumfänglich über eine einzige Schnittstelle bedient wird. Ähnlich wie im Telekommunikationssektor kann der Service beispielsweise in Form von „Paketen“ genutzt werden, die bestimmte Mobilitätskontingente umfassen. Einige weitere Definitionsansätze beinhalten oft ähnliche Aspekte des Konzepts. Jittrapirom et al. (2017) präsentieren beispielsweise neun wesentliche Charakteristika von MaaS. So ist demnach ein Ziel von MaaS, die Kombination unterschiedlicher Verkehrsmittel zu vereinfachen, indem Nutzer aus verschiedenen Mobilitätsdienstleistungen wie etwa öffentlichem Personennahverkehr (kurz: ÖPNV), Carsharing, Ridesharing, Mietwagen oder On-Demand-Services wählen können. Eine zentrale digitale Plattform (App oder Webseite) stellt Dienstleistungen wie Routenplanung, Buchung, Bezahlung und Zusatzservices zur Verfügung und nutzt dabei Echtzeit-Informationen auf Basis zeitgemäßer Technologien wie mobilem Internet, Standortbestimmung oder E-Ticketing. Die Bezahlung über diese Plattform erfolgt zum Beispiel in Form von monatlichen Abonnements für die Nutzung aller Mobilitätsdienstleistungen für eine bestimmte Zeit oder Kilometerzahl oder als nutzungsbasiertes Pay-as-you-go-Zahlungssystem (Hager/Karl, 2021). Der Zugriff erfolgt über einen Account für Einzelpersonen oder ganze Haushalte. Das Konzept beruht auf einem Zusammenspiel von Endnutzern, Mobilitätsanbietern, Plattformanbietern und weiteren Akteuren. Als zentrale Aspekte

gelten auch die Möglichkeiten zur Personalisierung und kundenspezifischen Anpassung sowie die Orientierung an den individuellen Nutzerbedürfnissen. Die Plattform soll für den Kunden ein Angebot einer für den jeweiligen Bedarf optimalen multimodalen Routenplanung bieten.

Seit Anfang 2020 beeinflusst neben allgemeinen Entwicklungen die Corona-Pandemie stark das Mobilitätsverhalten (Follmer/Schelewsky, 2020). Lockdowns und Infektionsschutzmaßnahmen wie bspw. Kontaktbeschränkungen führten zu einem zeitweise stark reduzierten Mobilitätsaufkommen. Auch die mögliche Infektionsgefahr im öffentlichen Raum hat Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl.

Daher stellt sich die Frage, inwiefern sich die Corona-Pandemie auf die Entwicklung des MaaS-Konzepts ausgewirkt hat. Eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg von MaaS-Projekten ist die Bereitschaft von Kunden, solche Mobilitätsangebote auch zu nutzen. Eine der ersten Studien zur Nutzung von Mobilitätslösungen in Spanien *nach* der Pandemie (Awad-Núñez et al., 2021) fokussiert stark auf die einzelnen Verkehrsmittel und weniger auf das MaaS-Konzept insgesamt. Eine deutsche Studie, die im Pandemie-Kontext auf das MaaS-Konzept fokussiert, konnte nicht gefunden werden. Dies führt zu der zentralen Fragestellung dieses Beitrags:

Welchen Einfluss hatte die Corona-Pandemie auf die Nutzungsbereitschaft von Mobility as a Service in Deutschland?

Der Aufbau des Beitrags ist wie folgt: Der nächste Abschnitt geht zunächst auf allgemeine Rahmenbedingungen für die Entwicklung eines MaaS-Konzepts ein, zeigt bisherige Entwicklungen sowohl international als auch speziell in Deutschland auf und benennt einige Auswirkungen der Corona-Pandemie auf das Mobilitätsverhalten allgemein sowie speziell für MaaS-Angebote. Das darauffolgende Kapitel präsentiert die empirische Befragung und deren Ergebnisse. Abschnitt 4 analysiert und diskutiert deren Ergebnisse. Eine kurze Zusammenfassung mit Implikationen und Limitationen schließt den Beitrag ab.

2 Mobility as a Service vor und während der Corona-Pandemie

2.1 Voraussetzungen für die Umsetzung von Mobility as a Service-Angeboten

Eine Reihe von allgemeinen Entwicklungen ermöglicht und treibt die Entstehung von MaaS-Angeboten voran. Ein Beispiel sind komplexer werdende Mobilitätsanforderungen der Menschen im Zuge eines flexibleren Lebensstils, was den Bedarf an effizienteren Mobilitätslösungen überhaupt erst schafft (Cruz/Sarmento, 2020). Auch die allgemeine Einstellung der Menschen gegenüber Mobilität befindet sich im Wandel. Die Generation der „Millennials“ (Geburtsjahrgänge von 1982 bis 2004) ist vertraut mit der Internetnutzung und eher service- als besitzorientiert (Song et al., 2017), was ebenso für die nachfolgende Generation Z gilt (Ackermann, 2021).

Weiter sind technologische Entwicklungen im Zuge der Digitalisierung eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von MaaS-Diensten. Smartphones als Kommunikations- und Informationsmittel haben sich fest in der Gesellschaft etabliert und bilden die Basis für die Nutzung von neuen Mobilitätslösungen im Allgemeinen sowie für MaaS-Angebote im Speziellen (Ackermann, 2021). Für das Angebot von verschiedenen Mobilitätsdienstleistungen auf einer Plattform sind Informations- und Kommunikationstechnologien und das Vorliegen von Informationen in digitaler Form essentiell (Song et al., 2017), um die verschiedenen Mobilitätsdienstleistungen in einer Applikation zu integrieren, die Verfügbarkeit der entsprechenden Daten wie Fahrplaninformationen in Echtzeit sicherzustellen sowie die Zugriffsmöglichkeit darauf über entsprechende Schnittstellen oder auch digitale Zahlungsmöglichkeiten anzubieten (Arias-Molinares/García-Palomares, 2020). Für die Echtzeit-Überwachung von Transaktionen können zukünftig Technologien wie Internet of Things (IoT) oder Blockchain zum Einsatz kommen (Cruz/Sarmento, 2020). Um optimierte Mobilitätslösungen anbieten zu können, ist die Verarbeitung und Analyse von Big Data nötig, um beispielsweise Bewegungsmuster der Nutzer zu identifizieren. Perspektivisch könnten Connected-Vehicle-Technologien und autonomes Fahren die Mobilitätsangebote weiter revolutionieren und damit die Entwicklung von MaaS noch stärker vorantreiben (Song et al., 2017).

Ebenso relevant für MaaS-Applikationen ist die Verfügbarkeit entsprechender unterschiedlicher Mobilitätsdienstleistungen, die sich insbesondere in den letzten Jahren vor allem in Großstädten verbreitet haben (Song et al., 2017). Im Rahmen einer „Sharing Economy“ teilen sich die Nutzer den Zugang zu Gütern, anstatt sie zu besitzen. Ein Beispiel in diesem Kontext ist Carsharing (Rühl, 2019). Bei dieser Mobilitätslösung stellt ein Vermieter Autos zur Verfügung, die Privatkunden bei Bedarf für Fahrten nutzen können und dabei für die Nutzungsdauer oder die zurückgelegte Strecke bezahlen. Oft werden die Fahrzeuge an bestimmten Orten in den Städten verteilt. Die Buchung erfolgt nach Registrierung über eine Web-Applikation.

Ein analoges Konzept gibt es im Bereich der Mikromobilität (Hensher, 2020), unter das Angebote wie Bikesharing oder Scootersharing fallen, die insbesondere für das Zurücklegen kurzer Wegstrecken geeignet sind. Viele der Sharing-Angebote existieren seit mehreren Jahrzehnten, konnten sich aber insbesondere durch neue Technologien und vereinfachte Zugriffsmöglichkeiten über mobile Smartphone-Apps deutlich weiterentwickeln und verbreiten.

Zudem finden sich immer mehr Anbieter von organisiertem Ridesharing sowie von Ridesourcing (Aarhaug/Olsen, 2018). Ridesourcing bezeichnet die Möglichkeit, über eine App in Echtzeit einen möglichen Fahrer zu finden, der mit seinem Privatfahrzeug den Mobilitätsbedarf des Nutzers erfüllen kann. Kommerzielle Anbieter solcher Dienste sind zum Beispiel Uber und Lyft. Im Gegensatz zum Ridesharing handeln beim Ridesourcing die Fahrer in der Absicht, durch ihren Personentransport Geld zu

verdienen. Beim Ridesharing hat der Fahrer ein eigenes Transportbedürfnis und nutzt dabei den in seinem Fahrzeug verfügbaren Platz, um andere Personen mitzunehmen. Ein ähnliches Konzept ist das sogenannte Ridepooling (Kostorz et al., 2021). Eine App sammelt zeitlich und räumlich übereinstimmende Fahrtwünsche der Kunden, um diese anschließend zu bündeln. Mehrere Nutzer werden dann einem gemeinsam genutzten Fahrzeug zugeordnet und zeitgleich an ihre Ziele gebracht.

Durch die wachsende Zahl an zusätzlich zum klassischen öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) existierenden Mobilitätsangeboten wird es für den Kunden immer komplexer, die Dienste mit ihren jeweiligen Fahrplänen, Zugangsmöglichkeiten über verschiedene Applikationen und Bezahlsystemen einzeln zu nutzen und es steigt das Bedürfnis nach einer Bündelung auf einer einheitlichen Plattform – die Grundidee von Mobility as a Service (Arias-Molinares/García-Palomares, 2020).

2.2 Entwicklung von MaaS international

In der wissenschaftlichen Literatur wurde der Begriff MaaS erstmalig erwähnt in Arbeiten von Hietanen und Heikkilä aus Finnland (Hensher, 2020). In verschiedenen Regionen weltweit existieren Pilotprojekte und erste Implementierungen von MaaS-Services (Sochor et al., 2018). Da keine einheitliche MaaS-Definition existiert, ist nicht ganz eindeutig, welche Applikationen hier zu nennen sind. So kann der Nutzer über die App zum Beispiel nicht immer alle tatsächlich verfügbaren Mobilitätsdienstleistungen auswählen und das Angebot von Bezahloptionen und weiteren Services ist unterschiedlich weit fortgeschritten. Sochor et al. (2018) definieren unterschiedliche Level der Integration, die MaaS-Anwendungen erfüllen können. Level 1 umfasst die Integration von Informationen zum Beispiel über verfügbare Verkehrsmittel und deren Preise, Level 2 erfordert die Integration einer Buchungs- und Zahlungsfunktion, Level 3 die Integration eines Dienstleistungsangebots und Level 4 die Integration gesellschaftlicher Zielsetzungen. Im Folgenden werden exemplarisch einige Anwendungen genannt, welche unterschiedliche Level der Integration erfüllen.

Eines der ersten Pilotprojekte zur Testung von MaaS startete 2014 unter dem Namen UbiGo im schwedischen Göteborg (Karlsson et al., 2016). In einer sechsmonatigen Testphase nahmen 195 Testnutzer am Projekt teil. Den Nutzern stand über eine App ein an die individuellen Bedürfnisse angepasstes Angebot an Mobilitätsdienstleistungen wie beispielsweise ÖPNV, Taxi, Car- und Bikesharing zur Verfügung. Die Bezahlung erfolgte über die App monatlich und abhängig von dem Mobilitätsbedürfnis und den verschiedenen genutzten Mobilitätsdienstleistungen. Ziel des Pilotprojekts war die Untersuchung von Nutzungs- und Zahlungsbereitschaft der Probanden sowie der Anforderungen an die Ausgestaltung des Konzepts. Die App wurde von den Probanden insgesamt positiv aufgenommen und hat zur verstärkten Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel geführt.

Eine der ersten kommerziellen Anwendungen zur Umsetzung von MaaS, die auch heute noch verfügbar ist, ist die App Whim (Zhang/Zhang, 2021). Das Start-Up MaaS Global entwickelte 2015 diesen Service für die Stadt Helsinki und nach einem Jahr wurde die App auf andere Orte ausgeweitet. Alle öffentlich nutzbaren Verkehrsmittel waren in der App eingebunden. Die Bezahlung war für Einzelfahrten oder im monatlichen Abonnement möglich. Aktuell ist die App neben Helsinki beispielsweise auch in Antwerpen, Tokio, Wien und in vielen Regionen der Schweiz verfügbar (MaaS Global, 2022).

Ein weiteres Beispiel für MaaS-Anbieter ist das Unternehmen SkedGo (SkedGo, 2021), dessen App TripGo bereits in zahlreichen Städten nutzbar ist. Die zugehörige API wird auch anderen Unternehmen und Regierungen zur Entwicklung personalisierter MaaS-Lösungen angeboten. Ein weiterer Entwickler für MaaS-Plattformen ist beispielsweise Siemens Mobility (Siemens Mobility Global, 2022). Zudem greifen einige seit längerem existierende Apps in Weiterentwicklungen verstärkt den MaaS-Gedanken auf. Ein Beispiel ist die App FREE NOW von BMW und Daimler, die in über 100 Städten verfügbar ist (Intelligent Apps GmbH, 2022). Die App entstand bereits 2009 als reine Taxi-App unter dem Namen mytaxi und wurde 2019 umbenannt. Mittlerweile ist durch Kooperation mit bestimmten Sharing-Anbietern über die App neben Taxifahrten auch die Buchung weiterer Mobilitätsdienstleistungen wie E-Scooter-, E-Roller-, E-Bike- oder Carsharing möglich. Auch Uber bietet neben der Vermittlung von Taxi- und Mietwagenfahrten mittlerweile Zugang zu E-Scooter-Sharing (Lime, 2022).

Neben den beschriebenen bestehenden Anwendungen im MaaS-Kontext ist bezüglich der Entwicklung von MaaS auch die Gründung der sogenannten MaaS-Alliance zu nennen (MaaS Alliance, 2022). Es handelt sich um eine 2015 gegründete öffentlich-private Partnerschaft mit Hauptsitz in Brüssel, die das Ziel verfolgt, wichtige Akteure aus der Transportbranche zusammenzubringen und Rahmenbedingungen zu schaffen, um MaaS erfolgreich in Europa und darüber hinaus zu etablieren. Die MaaS-Alliance verzeichnet seit ihrer Gründung einen hohen Zuwachs an Mitgliedern.

Einige Autoren schreiben MaaS das Potential zu, den Personen- und Gütertransport zu revolutionieren und eine Alternative zum privaten PKW zu bieten (Sochor et al., 2018). Generell befindet sich MaaS noch am Anfang der Entwicklung, aber immer mehr Applikationen erfüllen ein oder mehrere Integrations-Level. MaaS kann auch im Rahmen eines Smart-City-Konzepts relevant sein, welches versucht, die Digitalisierung zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu nutzen (Paiva et al., 2021).

2.3 Mobilitätsdienstleistungen und MaaS-Projekte in Deutschland

Aktuell ist das meistgenutzte Verkehrsmittel in Deutschland der *private PKW*, über welchen 2020 etwa 77 % der privaten Haushalte verfügten (Umweltbundesamt,

2022b). Die Anzahl an PKW pro Einwohner ist in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich angestiegen. In Städten ist der Motorisierungsgrad deutlich geringer als in ländlichen Regionen. Etwa 10 % aller Wege werden in Deutschland mit dem *öffentlichen Personennahverkehr* zurückgelegt (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Neben dem in Städten in der Regel besser verfügbaren öffentlichen Nahverkehr entwickeln sich dort immer mehr Mobilitätsalternativen. *Carsharing* wurde in Deutschland erstmalig 1988 in Berlin angeboten und 2021 gab es laut Bundesverband Carsharing e.V. bereits 228 Anbieter und etwa 2,8 Mio. Teilnehmer (Umweltbundesamt, 2022b). Im Vergleich zum Vorjahr ist damit die Teilnehmerzahl um etwa 25 % gestiegen. Auch hier ist ein deutlicher Unterschied zwischen städtischem und ländlichem Raum festzustellen. Gemäß einer Studie des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur lag 2017 deutschlandweit der Anteil an Haushalten, die Mitglied bei einer Carsharing-Organisation sind, etwa bei 4 %, in den Metropolen dagegen etwa bei 14 % (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). *E-Scooter* sind in Deutschland seit 2019 zugelassen (Umweltbundesamt, 2022a). In vielen Städten gibt es mittlerweile unterschiedliche Sharingangebote. *Ridepooling-Angebote* sind in Deutschland nicht flächendeckend verfügbar (Warnke, 2021), es gibt aber vereinzelt Anbieter wie CleverShuttle oder Moia von VW. *Ridesharing* wird bspw. von der Mitfahrzentrale BlaBlaCar angeboten, die zwischen privaten Fahrern und potentiellen Mitfahrern vermittelt (Becker/Link, 2020).

Konkrete MaaS-Angebote basieren auf den genannten Mobilitätsdienstleistungen und stehen im Vergleich zu einigen anderen europäischen Ländern in Deutschland noch am Anfang (Cristescu, 2021). In einigen Städten gibt es erste Anwendungen, die sich an der MaaS-Idee orientieren.

Eine Mobilitätsflatrate in Deutschland wird unter dem Namen swa Mobil-Flat seit November 2019 in Augsburg angeboten (Valentin et al., 2022). Hierbei können Bus und Straßenbahn, Carsharing-Fahrzeuge und Leihfahrräder zu einem monatlichen Festpreis genutzt werden (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2022). Augsburg ist gut geeignet für ein solches Konzept, da die Stadtwerke den Nahverkehr, Carsharing und Leih-Fahrräder unter einem Dach anbieten. In vielen anderen Städten gibt es unterschiedliche Betreiber, so dass eine Integration schwieriger ist.

Seit Juni 2019 ist in Berlin die Mobilitätsplattform Jelbi verfügbar (Jelbi, 2022), über die der Zugriff auf Fahrtauskünfte basierend auf Echtzeit-Informationen, die Buchung und auch die Bezahlung von Fahrten möglich ist. Es muss jede Fahrt einzeln bezahlt werden und es sind keine „Mobilitäts-Flatrates“ verfügbar. Verschiedene Verkehrsmittel wie ÖPNV, Carsharing, Bikesharing, E-Moped-Sharing, E-Scooter-Sharing, Ridesharing und Taxen von unterschiedlichen Anbietern sind an Jelbi angebunden.

In München gibt es ein Konzept unter dem Namen M-Login seit 2019 (mvg.de, 2019). Hier sind verschiedene Services unterschiedlicher Mobilitätsanbieter in München sowie Anbieter weitergehender Dienste wie München Ticket oder HandyParken München angebunden und können über M-Login gebündelt genutzt werden, ohne für die einzelnen Apps eigene Zugangsdaten zu benötigen. Buchung und Bezahlung erfolgen allerdings noch über die Apps der einzelnen Anbieter und es wird auch keine optimierte Routenplanung angeboten.

Zudem sind in einigen deutschen Städten Angebote von FREENOW oder Uber verfügbar. Die beschriebenen Anwendungen sind alle auf die Nutzung der Mobilitätsdienste innerhalb der Städte oder Regionen begrenzt und größtenteils ist keine Buchung von Mobilitätsflatrates möglich. Zur Weiterentwicklung von MaaS in Deutschland wären möglicherweise gesetzliche Regelungen oder auch weitergehende öffentliche Förderungen hilfreich, die dazu beitragen, dass Mobilitätsanbieter ihre Daten teilen und Schnittstellen anbieten, die eine Integration ermöglichen (Cristescu, 2021). Ein Projekt mit dem Ziel einer Open Source Plattform, die beliebigen Mobilitätsdienstleistern ermöglichen soll, ihre Services anzubinden, wurde unter dem Namen Eco Fleet Services unter Leitung des Fraunhofer IAO von 2017 bis 2021 durchgeführt und in Heidelberg erprobt (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 2022). Ein ähnliches Projekt wurde unter dem Namen Smart MaaS vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert, mit dem Ziel, eine modulare Service-Plattform zu entwickeln, welche verschiedene Mobilitätsangebote bündelt und diese in verschiedenen Orten in Deutschland erproben soll (Cleopa GmbH, 2022).

In Anbetracht der fragmentierten Angebotslage ist MaaS als Konzept in Deutschland noch nicht vollständig etabliert. Perspektivisch kann MaaS jedoch einen Beitrag zur Verkehrswende leisten und bietet Potential, das Verkehrssystem umweltfreundlicher zu gestalten (Verse, 2021).

2.4 Einfluss der Corona-Pandemie auf Mobilität in Deutschland und auf MaaS-Angebote

Ab Februar 2020 beeinflusste die Corona-Pandemie das Mobilitätsverhalten der Menschen weltweit. In Deutschland hatte der Lockdown in der ersten Welle der Pandemie starke Auswirkungen auf den Mobilitätsbedarf und auf das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung. Vor Ostern 2020 war die Alltagsmobilität auf einem Tiefpunkt, aber schon Anfang Mai, mit den ersten Lockerungen des Lockdowns, war ein Anstieg zu verzeichnen, allerdings nur bis ca. 70 % bis 80 % des Niveaus vor der Pandemie (Follmer, 2020). Insgesamt war neben der allgemeinen Reduktion der Alltagsmobilität eine deutliche Veränderung der Verkehrsmittelnutzung zu beobachten. Es wurden mehr Wege zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt, während der ÖPNV besonders an Kunden verloren hat (Follmer, 2020). Auch Ende Mai 2020 war die Anzahl

der Nutzer noch um mehr als 50 % unter dem Niveau vor der Pandemie. Im Oktober 2020 hat sich der Anteil an Personen, die aus Angst vor Infektion den ÖPNV meiden, im Vergleich zum Mai 2020 sogar noch erhöht (Zehl/Weber, 2020). Der private PKW wurde dagegen verstärkt genutzt. Im Mai und Juni 2020 beispielsweise wurden fast zehnmal so viele Wege mit dem eigenen PKW zurückgelegt wie mit dem ÖPNV, während es 2017 nur etwa sechsmal so viele waren (Follmer/Schelewsky, 2020). Auch im Mai 2021 lag der Anteil der Wegstrecken, die mit einem privaten Kraftfahrzeug zurückgelegt wurden, noch bei über 50 % (Knie et al., 2020).

Die Buchung von Carsharing-Angeboten in Deutschland ist während der Lockdowns stark zurückgegangen, hat sich aber wieder stabilisiert (Dümmer, 2020). Insgesamt konnte 2020 dennoch ein Zuwachs an Kunden von 25,5 % gegenüber 2019 verzeichnet werden. Der Bundesverband Carsharing vermutet als Ursache, dass insbesondere in den Metropolen einige Personen Carsharing als Ergänzung oder als Ersatz zum ÖPNV nutzten (DMM, 2021). E-Scooter-Sharing-Anbieter erlebten insbesondere zu Beginn der Pandemie einen deutlichen Einbruch der Nutzungszahlen (Reintjes, 2020). Der Betrieb musste coronabedingt zweitweise von nahezu allen Anbietern eingestellt werden. Im Laufe der Pandemie haben sich die Nutzerzahlen jedoch wieder erhöht (Vetter, 2021). Einen Nutzungszuwachs während der Pandemie konnten Bikesharing-Angebote verzeichnen. Beim europäischen Bikesharing-Führer nextbike beispielsweise registrierten sich 2020 deutschlandweit 50 % mehr Nutzer der Mietfahrräder als 2019 (Nextbike, 2021). Insgesamt hat die Corona-Pandemie den Individualverkehr gestärkt und zur Vermeidung gemeinsamer Fahrten mit anderen Personen beigetragen, was auch Ridesharing-, Ridesourcing- oder Ridepooling-Angebote betrifft (Continental AG, 2020).

Die allgemeine Veränderung des Mobilitätsverhaltens und die veränderte Wahl an Mobilitätsdienstleistungen beeinflusst die Nutzung von MaaS-Angeboten. Bei der Berliner Mobilitätsplattform Jelbi beispielsweise wurden vor der Pandemie in 80 % der gesamten Buchungen ÖPNV-Tickets erworben (mib / Jelbi, 2020). Dieser Anteil sank im April 2020 auf 20 %. Die restlichen 80 % der Buchungen entfielen zu diesem Zeitpunkt auf Sharing-Angebote, die insgesamt um 6 % anstiegen. Es war zu beobachten, dass die Buchung kurz- und mittelfristiger MaaS-Tickets im Zeitverlauf schneller wieder anstieg als auf reinen ÖPNV-Apps.

Die Multimodalität von MaaS-Angeboten ist eine Chance für eine stärkere Kundenbindung innerhalb eines ÖPNV-Ökosystems, da der kurzfristige Wechsel zwischen Mobilitätsalternativen vereinfacht wird. Dies könnte dazu führen, dass sich nach der Pandemie ÖPNV-Unternehmen an solche multimodalen Plattformen anzubinden versuchen. Inwiefern die Corona-Pandemie perspektivisch die Entwicklung des Konzepts MaaS beeinflusst, ist allerdings noch unklar. Auch nach der Pandemie kann beispielsweise Homeoffice verstärkt das Arbeitsleben prägen und damit auch das Mobilitätsverhalten langfristig verändern (Knie et al., 2020).

2.5 Einschätzungen zur zukünftigen Entwicklung von MaaS

Laut EIT Urban Mobility wird die Corona-Pandemie die langfristigen Mobilitätsstrategien der Städte nicht maßgeblich ändern (Gragera Lladó et al., 2022). Covid-19 wird als temporäres Phänomen betrachtet, aus dem für zukünftige Szenarien gelernt werden kann. Vielmehr bieten die im Zuge der Corona-Pandemie getroffenen Maßnahmen eine Gelegenheit, um die langfristige Veränderung hin zur nachhaltigen urbanen Mobilität zu beschleunigen. So könnten digitale Technologien zur Nachverfolgung des Pandemiegeschehens die Nutzung von Mobilitätsdaten verbessern und MaaS dadurch fördern.

Nach Einschätzung der World Bank Group (Bianchi Alves et al., 2021) hätte MaaS das Potential, nachhaltige Politik in Pandemiephasen zu unterstützen. So kann MaaS zur besseren Abstimmung zwischen Mobilitätsangebot und Mobilitätsnachfrage genutzt werden. In Asien wurden Fahrpläne beispielsweise dynamisch an den Mobilitätsbedarf angepasst, um große Menschenansammlungen zu vermeiden. Die Bezahlung per App reduziert Kontakte, die beim Fahrkartenkauf entstehen. Außerdem könnten MaaS-Apps perspektivisch zur Platzreservierung genutzt werden oder Kontaktnachverfolgungen erleichtern. Auch nach der Pandemie kann MaaS dazu beitragen, Menschen zu umweltbewussterem Mobilitätsverhalten zu motivieren.

Scheier et al. (2021) ziehen die Möglichkeit einer dauerhaften Änderung des Mobilitätsbedarfs in Betracht. So könnten verstärkte Homeoffice-Möglichkeiten generell dazu führen, dass Arbeitnehmer einen Wohnort wählen, der weiter von ihrem Arbeitsort entfernt ist. Dies würde dazu führen, dass Menschen tendenziell weniger regelmäßig pendeln und es dafür häufiger zu gelegentlichen Langstreckenfahrten kommt. Dieser Mobilitätsbedarf könnte mit MaaS-Lösungen durch angepasste Angebote befriedigt werden. Besonderes Potential liegt darin, Mobilitätsdienstleistungen so zu gestalten, dass die Infektionsgefahr reduziert wird, zum Beispiel in Form von Bussen mit mehreren separaten Abteilen.

2.6 Ausgewählte wissenschaftliche Literatur zur Nutzerakzeptanz und Adoption von MaaS-Angeboten

Der folgende Abschnitt präsentiert einige ausgewählte Ergebnisse, die für die Interpretation dieses Beitrags relevant sind. Für eine detailliertere Literaturübersicht sei beispielsweise auf das Review von Butler et al. (2021) verwiesen, welche insbesondere Probleme bei der Akzeptanz durch ältere Menschen, Nutzern öffentlicher Verkehrsmittel oder Nutzern privater PKWs ansprechen.

Laut der Studie von Ho et al. (2018) aus dem Großraum Sidney liegt der Anteil der Fahrzeugnutzer, die sich für eines von verschiedenen Mobilitätspaketen entscheiden würden, bei knapp unter 50 % (47 %). Befragte mit bisher geringer Fahrzeugnutzung zeigten eine höhere Bereitschaft, MaaS zu nutzen, während Menschen, die bereits

vollständig auf alternative Verkehrsmittel zum PKW setzten, die geringste Bereitschaft zur MaaS-Adoption zeigten.

Ye et al. (2020) untersuchen die Nutzungsbereitschaft von MaaS in einer Umfrage von Menschen in einem Bezirk von Shanghai mit noch unterentwickeltem ÖPNV, verknüpfen die MaaS-Akzeptanz aber mit dem gleichzeitigen Ausbau der öffentlichen Transportmöglichkeiten. Die Einstellung gegenüber der Nutzung von MaaS ist generell positiv. Im Zuge der Entwicklung und Einführung sollte insbesondere das Nutzererlebnis positiv sein und durch persönliche Einladungen rasch eine möglichst große Nutzeranzahl aufgebaut werden, um die grundsätzlich positiven Einstellungen zu nutzen und zu kultivieren.

Polydoropoulou et al. (2020) stellen fest, dass die Zahlungsbereitschaft bei der Nutzung von MaaS-Angeboten und damit auch der Erfolg insgesamt vor allem vom ÖPNV abhängt bzw. für diesen am größten ist, während andere Angebote eher geringere Nutzerpriorität erfahren.

Hoerler et al. (2020) fanden mit einer empirischen Studie in der Schweiz heraus, dass kombinierte Mobilitätsservices (unter dem übergeordneten Begriff MaaS) vor allem für Wochenendaktivitäten genutzt werden würden (Zustimmung über 54 %), etwas weniger aber für Freizeitaktivitäten unter der Woche (47 %) und deutlich weniger für regelmäßiges Pendeln (38 %). Bisherige ÖPNV-Nutzer sind gegenüber dem Konzept deutlich aufgeschlossener als private Fahrzeugnutzer.

Die finnische Studie von Liljamo et al. (2020) kommt zu dem Schluss, dass prinzipiell etwa 43 % der Befragten bereit wären, ein MaaS-Mobilitätspaket zu nutzen, falls dieses die vollständigen Mobilitätsbedürfnisse abdeckt. Die Zahlungsbereitschaft liegt für ein solches Angebot aber etwa ein Drittel niedriger als die Höhe der bisherigen Mobilitätsausgaben, d. h. MaaS-Konzepte müssen auch einen finanziellen Vorteil für den Nutzer mit sich bringen.

Die Befragung von Mola et al. (2020) teilt sich in 2 Stichproben auf, eine aus Finnland, eine aus Frankreich. Insgesamt sind die Studienteilnehmer MaaS gegenüber relativ aufgeschlossen (Mittelwert der Nutzungsabsicht: 5,16 auf einer Skala von 1–7). Der Einfluss des Preises auf die Nutzungsabsicht ist laut dieser Studie während der Pilotphase besonders stark, während langfristig für die Nutzer die wahrgenommene Nützlichkeit, also die Funktionalität und Servicequalität wichtiger ist.

Lopez-Carreiro et al. (2021) vergleichen zwei Befragungen in Madrid (Spanien) und Randstad (Niederlande) hinsichtlich der Nutzungsbereitschaft von MaaS und deren Einflussfaktoren. Während der Wohnort (ländlich/städtisch) keinen signifikanten Einfluss ausübt, verhindert die bisherige Nutzung eines privaten PKW die Attraktivität von MaaS-Angeboten. Im Gegensatz dazu sind Nutzer von ÖPNV und alternativen Mobilitätslösungen gerne bereit, auf MaaS-Apps zu wechseln. In Madrid sind

insgesamt fast 80 % der Befragten eher oder sehr bereit, MaaS zu nutzen, während die Zustimmung in Randstadt nur bei etwa 55 % liegt.

Matowicki et al. (2022) berichten auf Basis einer Erhebung in Deutschland, England, Tschechien und Polen vom Spätsommer 2020, also mitten während der Pandemie, über die relative Wirkung verschiedener Einflussfaktoren auf die MaaS-Nutzungsabsicht. Umweltbewusstsein, eine positive Einstellung zur Sharing Economy sowie soziale Beeinflussbarkeit wirken positiv auf die Nutzungsabsicht.

3 Befragung zum Einfluss der Corona-Pandemie auf MaaS

3.1 Methodik

Die Beantwortung der zentralen Forschungsfrage, welchen Einfluss die Corona-Pandemie auf die Nutzungsbereitschaft von MaaS in Deutschland hatte, erfolgte anhand einer quantitativen standardisierten Befragung (Scholl, 2018). Sie untersuchte, inwiefern die Teilnehmenden in einer Hochphase der Corona-Pandemie Ende 2021 bereit waren, MaaS-Angebote zu nutzen und ob die Nutzungsbereitschaft vor der Corona-Pandemie eine andere gewesen wäre. Die Umfrage erfolgte anonym in Form eines Online-Fragebogens, der mit der Umfragesoftware unipark erstellt wurde. Zielgruppe der Befragung waren volljährige Personen mit Hauptwohnsitz in Deutschland.

Vor der Feldphase erfolgte ein Pretest mit acht Testpersonen, um mögliche Fehler oder unverständliche Fragestellungen zu verbessern. Die Verteilung der Umfrage erfolgte über Facebook, LinkedIn, Xing, Twitter und über die Plattformen SurveyCircle und PollPool. Die Umfrage war ab 22. Dezember 2021 für vier Wochen freigeschaltet.

Im ersten Teil des Fragebogens werden Angaben zur Person abgefragt (Geschlecht, Alter, Einwohnerzahl des Wohnorts, Anzahl weiterer im Haushalt lebender Personen, pro Monat verfügbares Nettoeinkommen, durchschnittliche monatliche Ausgaben für Mobilität). Im zweiten Teil folgen Fragen zum allgemeinen Mobilitätsverhalten. Alle Einschätzungen auch im weiteren Verlauf des Fragebogens erfolgen auf einer fünfstufigen Likert-Skala von -2 bis +2.

Da MaaS-Angebote in Deutschland wenig verbreitet sind, wurde die Grundidee einer MaaS-App beschrieben und nach der Bereitschaft gefragt, diesen Service grundsätzlich in der jetzigen Situation der Corona-Pandemie zu nutzen. Es schließt die Frage an, ob diese Nutzungsbereitschaft vor der Corona-Pandemie anders gewesen wäre. Analog sollen die Teilnehmer ihre Bereitschaft einschätzen, bei Verfügbarkeit einer MaaS-App auf einen eigenen PKW zu verzichten bzw. sich in Zukunft keinen neuen PKW anzuschaffen und dies erneut mit der Bereitschaft Corona-Pandemie vergleichen.

Der letzte Teil des Fragebogens besteht daraus, wie wahrscheinlich eine MaaS-App für bestimmte Zwecke genutzt werden würde. Einschätzungen zu Infektionsgefahren und zum eigenen Umweltbewusstsein schließen sich an. Abschließend sollen die Teilnehmer beurteilen, wie gerne sie verschiedene Mobilitätsdienstleistungen in der aktuellen Situation der Corona-Pandemie nutzen würden und wie gerne sie diese vor der Corona-Pandemie genutzt hätten.

3.2 Stichprobenzusammensetzung

Insgesamt nahmen 265 Personen vollständig an der Umfrage teil, was bei 285 begonnenen Fragebögen einer Beendigungsquote von 91,9 % entspricht. Im Zuge der Datenbereinigung wurden 20 Datensätze ausgeschlossen, welche einen Hauptwohnsitz außerhalb Deutschland berichteten, unter 18 Jahre alt waren oder auffällig geringe Bearbeitungszeit bzw. inkonsistente Ergebnisse verbunden mit geringer Bearbeitungszeit aufwiesen. Die Gesamtzahl der verwertbaren Fragebögen beträgt 245. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit betrug knapp über 5 Minuten.

Merkmal	**Ausprägung**	**Anzahl (Anteil)**
Geschlecht	männlich	82 (33,5 %)
	weiblich	163 (66,5 %)
Alter	18–23 Jahre	50 (20,4 %)
	24–29 Jahre	81 (33,1 %)
	30–39 Jahre	48 (19,6 %)
	40–49 Jahre	32 (13,1 %)
	> 50 Jahre	34 (13,8 %)
durchschnittliches monatliches Nettoeinkommen	< 500€	27 (11,1 %)
	500–1.000€	43 (17,6 %)
	1.000–1.500€	34 (13,9 %)
	1.500–2.500€	56 (23,0 %)
	> 2.500€	69 (28,3 %)
	Keine Angabe	16 (6,5 %)
Einwohnerzahl des Wohnortes	< 5.000 Einwohner	52 (21,2 %)
	5.000–20.000 Einwohner	60 (24,5 %)
	20.000–100.000 Einwohner	54 (22,0 %)
	> 100.000 Einwohner	79 (32,2 %)
Haushaltsgröße	Single	42 (17,1 %)
	eine weitere Person	84 (34,3 %)
	mehr als eine weitere Person	119 (48,6 %)

Tabelle 1: Verteilung der demographischen Merkmale in der Stichprobe (n=245).

Insgesamt nahmen überwiegend weibliche Personen an der Befragung teil (67 %). Der Modus der Altersverteilung liegt in der Altersgruppe 24-29 Jahre (33 %), während nur 14 % der Stichprobe über 50 Jahre alt war. Der Modus des durchschnittlichen Nettoeinkommens lag in der Klasse von 1500-2000€ pro Monat. Etwa ein Drittel der Befragten wohnen in Großstädten über 100.000 Einwohnern,

während beinahe die Hälfte im ländlichen Raum (<20.000 Einwohner) lebt. 17 % leben alleine im Haushalt, während die Hälfte mit mehr als zwei weiteren Personen zusammenlebt. Etwa die Hälfte der Teilnehmenden berichtet über Ausgaben von weniger als 100€ pro Monat für Mobilität, 31 % geben zwischen 100€ und 200€ aus und die restlichen 20 % geben über 200€ aus. Detailliertere Angaben zur Stichprobencharakteristik finden sich in der vorstehenden Tabelle 1.

3.3 Ergebnisse

Im Hinblick auf die bisherige **Nutzungshäufigkeit** der einzelnen Verkehrsmittel, welche im Konzept MaaS integriert werden können, fällt auf, dass nur etwas mehr als 50 % der Stichprobe in der Vergangenheit häufiger den öffentlichen Nahverkehr nutzten, welches damit das meistfrequentierte Verkehrsmittel darstellt (siehe Abb. 1). Die zweitgrößte Nutzungshäufigkeit weisen Taxen auf, Sharing-Angebote wurden dagegen von der übergroßen Mehrheit (ca. 80 %) der Stichprobe noch nie benutzt. Ein ähnlicher Anteil der Stichprobe (78,4 %) hat dagegen innerhalb des Haushalts Zugriff auf einen Privat-PKW. Der Zusammenhang zwischen dem PKW-Zugriff und der ÖPNV-Nutzung ist dabei hoch signifikant ($\chi^2(4) = 49{,}691;\ p < {,}001$) und es kann von einem starken Zusammenhang ausgegangen werden ($\text{Cramers V} = {,}452;\ \text{p} < {,}001$). Ein ähnlicher, aber nicht ganz so starker Zusammenhang zum Zugriff auf einen privaten PKW zeigt sich auch für die Nutzung von Carsharing ($\chi^2(4) = 14{,}872;\ p = {,}005$ bzw. $\text{Cramers V} = {,}247;\ \text{p} = {,}005$) und Bikesharing ($\chi^2(4) = 25{,}215;\ p < {,}001$ bzw. $\text{Cramers V} = {,}322;\ \text{p} < {,}001$). Für die weiteren Mobilitätsalternativen sind keine direkten Assoziationen zur PKW-Verfügbarkeit zu beobachten.

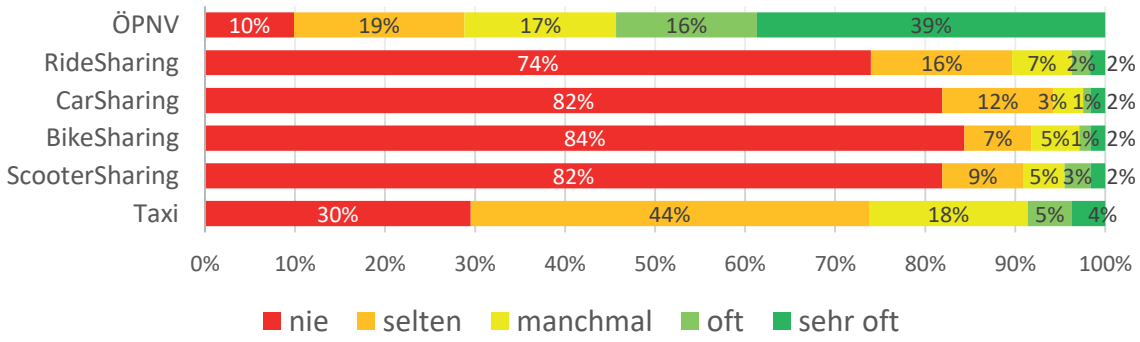


Abb. 1: Bisherige Nutzungshäufigkeit der verschiedenen Verkehrsmittel

Die Nutzungspräferenz während der Pandemie für die bereits vorgestellten Verkehrsmittel fällt eher zurückhaltend aus (vgl. Abb. 2): Auf einer Beurteilungsskala von -2 (sehr ungerne) bis +2 (sehr gerne) weisen alle Alternativen einen negativen Mittelwert auf. Nur ein Viertel der Befragten nutzt gerne oder sehr gerne den ÖPNV, welcher wiederum das am positivsten beurteilte Verkehrsmittel ist und das nur 29 % der Respondenten sehr ungerne nutzen. Ähnliche Zustimmungswerte weisen Carsharing (19 % eher positiv), Bikesharing (23 % eher positiv, Mittelwert [MW]: -0,45) und

Scootersharing (20 %, MW: -0,58) auf, allerdings ist der Anteil der Befragten, die diese Vekehrsmittel komplett ablehnen, deutlich höher als beim ÖPNV. Taxen weisen eine noch geringere Beliebtheit auf und Ridesharing ist das im Vergleich unbeliebteste Verkehrsmittel.

Die stärkste Verringerung der Nutzungspräferenz gegenüber der Situation vor der Pandemie (Abb. 2) zeigt sich beim ÖPNV (MW: -,48 gegenüber vorher: ,38; asymptotischer Wilcoxon-Test: z=-9,306; p<,001; n=243) mit einer Effektstärke von r=,60, also einem nach Cohen (1992) sehr starken Effekt. Mittlere Abweichungen sind bei der Präferenz für Ridesharing (MW: -1,15; vorher: -,88; asymptotischer Wilcoxon-Test: z=-5,897; p<,001; n=240; r=,38) sowie bei Taxen (MW: -,91; vorher: -,66; asymptotischer Wilcoxon-Test: z=-4,442; p<,001; n=244; r=,28) zu beobachten. Nur gering unterscheidet sich die Carsharing-Präferenz (MW: -,97; vorher: -,79; asymptotischer Wilcoxon-Test: z=-2,466; p=,014; n=237; r=,16); bei Bikesharing und Scootersharing sind keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen.

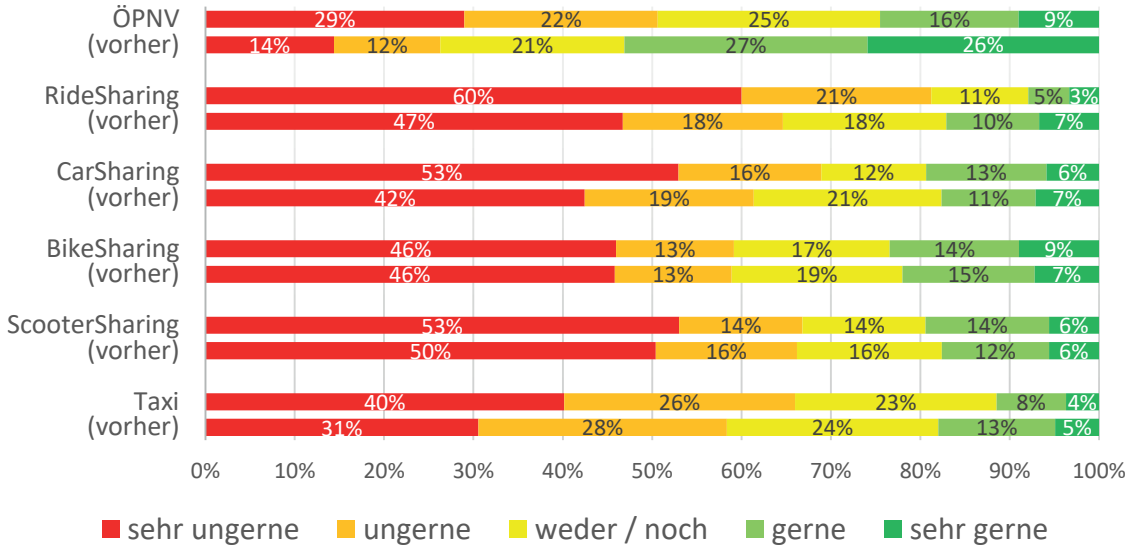


Abb. 2: Berichtete Nutzerpräferenzen für verschiedene Verkehrsmittel während/vor der Pandemie

Die Befragten waren während der Pandemie nur zu einem sehr geringen Anteil (19 %) bereit, grundsätzlich auf einen privaten PKW zu verzichten, der Mittelwert der Beurteilung auf einer Skala von -2 bis +2 liegt bei -,78. Eine im Vergleich dazu deutlich höhere Nutzungsbereitschaft besteht jedoch für MaaS-Apps, die von einem Drittel der Befragten durchaus gerne genutzt würden und nur etwa von der Hälfte abgelehnt wird (siehe Abb. 3). Der Mittelwert der Nutzungsbereitschaft von MaaS-Apps beträgt -,33.

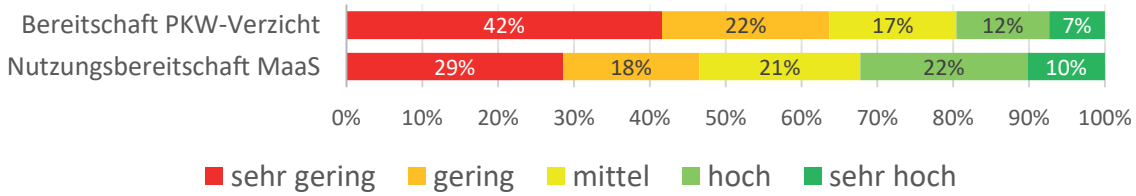


Abb. 3: Bereitschaft PKW-Verzicht und Nutzungsbereitschaft MaaS-Apps während der Pandemie

Die Bereitschaft zum Verzicht auf einen privaten PKW hat sich während der Pandemie gegenüber der Bereitschaft vor der Pandemie kaum verändert (Mittelwert der Veränderung: ,01; nicht signifikant von Null verschieden). Eine deutlichere Veränderung zeigt sich hingegen für MaaS-Apps (siehe Abb. 4): Vor der Pandemie wäre bei einem Drittel der Befragten die Nutzungsbereitschaft solcher Apps höher oder viel höher gewesen, umgekehrt gibt es aber nur 8 % der Teilnehmer, deren Nutzungsbereitschaft während der Pandemie gestiegen ist. Für mehr als die Hälfte der Befragten hat sich die Nutzungsbereitschaft nicht verändert. Der Mittelwert dieser Veränderung liegt auf einer Skala von -2 bis +2 bei ,24; somit ist diese Veränderung auch statistisch signifikant (p<,001; 95%-KI: [0,14; 0,35]).

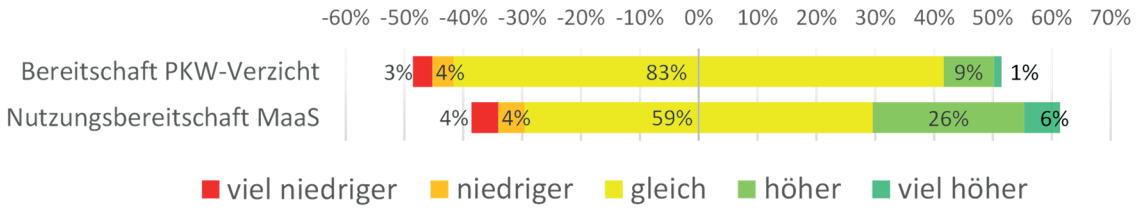


Abb. 4: Bereitschaft zum PKW-Verzicht bzw. zur Nutzung von MaaS vor der Pandemie im Vergleich zur berichteten Bereitschaft während der Pandemie

Hinsichtlich möglicher Zwecke der Maas-Nutzung (vgl. Abb. 5) sind Tagesausflüge die Kategorie, die von den Befragten am ehesten auf Basis einer MaaS-App geplant werden (MW: -,43). Insbesondere für Einkäufe und Besorgungen greifen die Nutzer aber nur sehr unwahrscheinlich auf eine solche App zurück (-1,09). Eine vergleichbare Charakteristik zeigt sich auch innerhalb der Untergruppe mit hoher oder sehr hoher Bereitschaft zur Nutzung einer MaaS-App (n=79): Auch bei diesen Befragten ist die Nutzung für Tagesausflüge der beliebteste Zweck (65 % mit eher oder sehr wahrscheinlicher Nutzung), während Einkäufe und Besorgungen der unwahrscheinlichste Einsatzzweck sind.

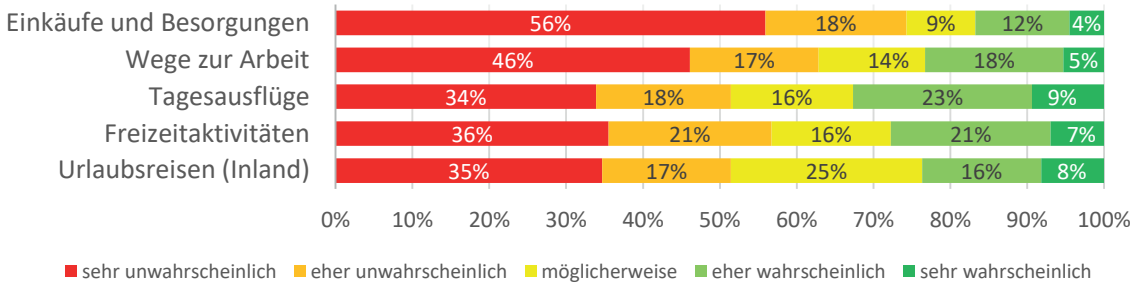


Abb. 5: Wahrscheinlichkeit der MaaS-Nutzung für verschiedene Zwecke

4 Diskussion

Die Nutzungspräferenz für die verschiedenen Verkehrsmittel während der Pandemie unterscheiden sich deutlich von deren vorheriger Nutzungshäufigkeit (vgl. Abb. 1 und Abb. 2). So hat sich die Präferenz der Kunden während der Pandemie für die Sharingangebote ohne Kontakt zu anderen Personen im Vergleich zur vorherigen Nutzungshäufigkeit verbessert. Der ÖPNV wird allerdings nur ungerne benutzt, die Einschätzung für Taxen ist kaum verändert. Die starke Ablehnung von Ridesharing kann wohl mit dem engen Kontakt mit vorher unbekannten Personen logisch erklärt werden. Verglichen mit den Ergebnissen der spanischen Studie von Awad-Núñez et al. (2021), die beispielsweise für den ÖPNV nach der Pandemie eine Nutzungsbereitschaft von knapp 90 % berichtet, weist die Stichprobe dieses Beitrags allerdings eine niedrigere berichtete Nutzungspräferenz selbst für die Zeit vor der Corona-Pandemie auf. Die tatsächliche Nutzung bewegt sich aber in einem vergleichbaren Rahmen, da 90 % der Befragten bereits den ÖPNV genutzt haben.

Generell ist die MaaS-Nutzungsbereitschaft (MW: -,33; vgl. Abb. 3) im Vergleich zu anderen Studien sehr niedrig (z. B. Lopez-Carreiro et al., 2021), fällt im Vergleich zur PKW-Verzichtsbereitschaft (MW: -,78) aber deutlich höher aus (asymptotischer Wilcoxon-Test: z=-5,194; p<,001; n=245; r=,33). MaaS dient also für viele Befragte zunächst nicht als Ersatz für den privaten PKW, sondern eher als zusätzliche Alternative, welche langfristig nur dann die Chance hat, den PKW abzulösen, falls die Zufriedenheit mit dem Service entsprechend hoch ist (Mola et al., 2020). Die Nutzungsbereitschaft für MaaS ist in Übereinstimmung mit Lopez-Carreiro et al. (2021) zudem mittelstark davon abhängig, ob Zugriff auf einen privaten PKW besteht oder nicht ($\chi^2(4) = 18{,}782;\ p = {,}001$ bzw. $\text{Cramers V} = -{,}277;\ \text{p} = {,}001$). Die Veränderung dieser Beurteilung ist vom PKW-Zugriff allerdings unabhängig.

Die Nutzungsbereitschaft von MaaS-Services wäre vor der Pandemie, nämlich bei einem Drittel der Befragten, höher gewesen. Diese Veränderung korreliert jeweils signifikant (α=0,05) mit der Abnahme der Nutzungspräferenz für die verschiedenen einzelnen Mobilitätsalternativen. Übereinstimmend mit der Studie von Polydoropoulou et al. (2020) ist diese Korrelation zur Veränderung der Nutzungspräferenz für

den ÖPNV am stärksten ($Spearman\ \rho = ,233;\ p < ,001$). Folglich ist damit zu rechnen, dass eine Zunahme der Beliebtheit einzelner Verkehrsmittel nach der Pandemie auch wieder eine Zunahme der MaaS-Nutzungsbereitschaft nach sich zieht. Die Veränderung der MaaS-Nutzungsbereitschaft ist zudem bei den Befragten am größten, die das MaaS-Konzept nicht vollständig ablehnen (Nutzungsbereitschaft sehr gering), sondern die eine grundsätzliche Bereitschaft dafür mitbringen (Nutzungsbereitschaft während der Pandemie gering oder mittel). Eine Rückgewinnung dieser Gruppe nach Pandemieende scheint daher möglich.

Eine signifikante Geschlechtsabhängigkeit der Beurteilung von MaaS und auch der Veränderung während der Pandemie ist nicht festzustellen. Jüngere Befragte weisen während der Pandemie eine wesentlich höhere Nutzungsbereitschaft auf als ältere Befragte ($\rho = ,326;\ p < ,001$). Das Alter hat zudem einen geringen, aber signifikanten Einfluss auf die Veränderung der Akzeptanz: Jüngere Menschen haben ihre Nutzungsbereitschaft für MaaS durch die Pandemie stärker verringert ($\rho = -,141;\ p = ,027$) als ältere Menschen, obwohl für sie das Risiko einer schweren Erkrankung oder Tod bei einer Covid-19-Infektion niedriger ist als bei älteren Menschen (Kremer/Thurner, 2020).

Der Wohnort der Befragten spielt – anders als in der Studie von Lopez-Carreiro et al. (2021) – sowohl für die Nutzungsbereitschaft als auch für deren Veränderung eine signifikante Rolle: Je größer die Einwohnerzahl des Ortes, desto höher die Nutzungsbereitschaft ($\rho = ,250;\ p < ,001$) bzw. umso größer wäre sie vor der Pandemie gewesen ($\rho = ,154;\ p = ,016$). Das Einkommen übt keinen signifikanten Einfluss aus, dagegen ist die Veränderung der MaaS-Nutzungsbereitschaft von der Haushaltsgröße abhängig: Größere Haushalte haben während der Pandemie ihre Beurteilung von MaaS weniger stark verringert als kleine Haushalte ($\rho = -,141;\ p = ,027$). Die Ausgaben für Mobilität beeinflussen ohne signifikante Änderung während der Pandemie die Beurteilung: Je höher die Mobilitätsausgaben, desto niedriger ist die Akzeptanz von MaaS ($\rho = -,172;\ p = ,007$).

Die Selbsteinschätzung zur Angst vor Infektionen bei Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel zeigt sich als Treiber der verringerten MaaS-Nutzungsbereitschaft gegenüber vor der Pandemie (vgl. Tabelle 2). Auch eine erhöhte Smartphonenutzung während der Pandemie trägt zu einer deutlich höheren Akzeptanz von MaaS-Apps bei; IT-affine Nutzer sind also wenig überraschend am ehesten für die Nutzung eines App-basierten Mobilitätskonzeptes aufgeschlossen. Allerdings verringert eine stärkere Smartphone-Nutzung die MaaS-Nutzungsbereitschaft leicht, aber signifikant. Je stärker Personen ihre eigene Mobilität während der Pandemie eingeschränkt haben, desto stärker wurde auch die MaaS-Nutzungsbereitschaft negativ verändert. Ein höheres Umweltbewusstsein korreliert mit einer höheren MaaS-Nutzungsbereitschaft (vgl.

auch Matowicki et al., 2022), allerdings übt ein solches Umweltbewusstsein auch einen kleinen, aber signifikanten Einfluss auf die Verringerung der Nutzungsbereitschaft während der Pandemie aus.

Selbsteinschätzung	**Nutzungsbereitschaft MaaS während der Pandemie**	**Rückgang der Nutzungsbereitschaft**
Infektionsangst im öffentlichen Verkehr	$\rho = -,072;\ \mathrm{p} = ,265$	$\rho = ,211;\ \mathrm{p} = ,001$
Smartphone-Nutzung	$\rho = ,272;\ \mathrm{p} < ,001$	$\rho = ,129;\ \mathrm{p} = ,044$
Mobilitätseinschränkung	$\rho = ,121;\ \mathrm{p} = ,060$	$\rho = ,284;\ \mathrm{p} < ,001$
Umweltbewusstsein	$\rho = ,289;\ \mathrm{p} < ,001$	$\rho = ,160;\ \mathrm{p} = ,012$

Tabelle 2: Korrelationen zwischen verschiedenen Selbsteinschätzungen und der MaaS-Nutzungsbereitschaft bzw. dem Rückgang der Nutzungsbereitschaft zur vorpandemischen Situation

In Übereinstimmung mit anderen Studien scheint die Nutzungsbereitschaft von MaaS für Freizeitaktivitäten am höchsten zu sein, also für Zwecke, bei denen mögliche Verspätungen weniger relevant sind oder umfangreichere Transportkapazitäten des privaten PKW nicht nötig sind. Diese Ergebnisse bestätigen bisherige Studienergebnisse, wonach regelmäßiges Pendeln nicht der primäre Fokus von potenziellen MaaS-Nutzern ist, da diese sich entweder bereits gut durch bisherige Mobilitätslösungen, also ÖPNV oder Privat-PKW, versorgt fühlen (Ho et al., 2018) oder ein multimodaler Wechsel zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln generell nicht in Frage kommt (Hoerler et al., 2020), bei welchem das MaaS-Konzept seine Vorteile ausspielen könnte. Gerade im Freizeitbereich sollte also ein positives Nutzererlebnis bei der MaaS-Nutzung im Vordergrund stehen (Ye et al., 2020).

5 Zusammenfassung

Mobility as a Service ist ein vielversprechendes Konzept, durch bessere Integration und einfachere Nutzbarkeit bestehende Mobilitätslösungen aufzuwerten und in diesem Sinne zukünftige Mobilität unabhängiger vom privaten PKW und damit letztlich ökologisch nachhaltiger zu machen. Während der Pandemie ist die Nutzungsbereitschaft eines derartigen Angebots nach den Ergebnissen dieser Studie relativ gering, aber dennoch höher als die Nutzungspräferenz für die einzelnen Verkehrsmittel. Die Akzeptanz der Befragten hat sich durch die Pandemie jedoch signifikant verschlechtert. Nachdem in Deutschland im Frühsommer 2022 – je nach Sichtweise – der Übergang in eine endemische Phase bereits vonstattengeht oder nicht mehr fernliegt, ist parallel zur Normalisierung des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens auch mit einer erneuten Steigerung der Offenheit für MaaS-Angebote zu rechnen.

Diese Tatsache deute auch auf Limitationen dieser Studie hin: Die Beurteilung der Nutzungsbereitschaft vor und während der Pandemie sollte in weiteren Erhebungen auch nach der Pandemie erfolgen. Zudem sind jüngere Nutzer, die in dieser Umfrage

den größeren Anteil der Befragten stellten, wegen ihrer Affinität zu digitalen Technologien und wegen erhöhter Neigung zur Nutzung von Services anstelle von Produktbesitz prinzipiell eine fokussierte Zielgruppe für MaaS. Dennoch sollten zukünftige Studien für eine verbesserte Repräsentativität verstärkt auch ältere Nutzer miteinbeziehen. Die Einschätzungen aus dieser Studie können weiters nicht auf andere Länder übertragen werden, die eine andere Pandemie-Politik mit teils weniger restriktiven staatlichen Maßnahmen oder im Laufe der Pandemie von Deutschland deutlich divergierende Pandemiewellen erlebt haben (z. B. Schweden, England). Die kurz andiskutierten möglichen Gründe für die Nutzungsbereitschaft und deren Veränderung sollten zudem in zukünftigen Studien hinsichtlich ihrer Einflussstärke gemeinsam modelliert und gegenübergestellt werden.

Wissenschaftlich gesehen liefert dieser Beitrag die erste Untersuchung mit explorativem Charakter zu der Frage, inwiefern sich die Nutzungsbereitschaft von MaaS während der Corona-Pandemie verändert hat. Dies ergänzt die bisherige Literatur zur Nutzungs- und Zahlungsbereitschaft für verschiedene Mobilitätsalternativen, aber auch für das MaaS-Konzept insgesamt. Als Handlungsempfehlung für Unternehmen sollten in den bestehenden und geplanten Pilotprojekten durch proaktive Marketingmaßnahmen insbesondere jüngere städtisch orientierte Gruppen mit erhöhtem Umweltbewusstsein in den Fokus rücken, um deren Nutzungsbereitschaft für MaaS wiederherzustellen.

6 Literaturverzeichnis

Aarhaug, J./Olsen, S. (2018): Implications of ride-sourcing and self-driving vehicles on the need for regulation in unscheduled passenger transport, in: Research in Transportation Economics. Jg. 69, S. 573–582.

Ackermann, M. (2021): Mobility-as-a-Service. The convergence of automotive and mobility industries, Cham.

Arias-Molinares, D./García-Palomares, J. C. (2020): The Ws of MaaS: Understanding mobility as a service from a literature review, in: IATSS Research. Jg. 44, H. 3, S. 253–263.

Awad-Núñez, S./Julio, R./Gomez, J./Moya-Gómez, B./González, J. S. (2021): Post-COVID-19 travel behaviour patterns: impact on the willingness to pay of users of public transport and shared mobility services in Spain, in: European Transport Research Review. Jg. 13, H. 1.

Becker, C./Link, S. F. (2020): Herausragende Mobilität? Eine objektive Bewertungsheuristik für inter- und multimodale Mobilitätsplattformen, in: Journal für Mobilität und Verkehr. H. 2, S. 59–65.

Bianchi Alves, B./Wang, W./Moody, J./Waksberg Guerrini, A./Peralta Quiros, T./Velez, J. P./Ochoa Sepulveda, M. C./Alonso Gonzalez, M. J. (2021): Adapting Mobility-as-a-Service for Developing Cities, Washington, DC.

Brockjan, K./Maier, L./Kott, K./Sewald, N. (2021): Auszug aus dem Datenreport 2021. Kapitel 13: Umwelt, Energie und Mobilität. Abgerufen von https://www.destatis.de/DE/Service/Statistik-Campus/Datenreport/Downloads/datenreport-2021-kap-13.pdf%20?__blob=publicationFile.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2022): Mobilitätsflatrate: Mobil-Flat Augsburg | Mobilikon. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.mobilikon.de/praxisbeispiel/mobilitaetsflatrate-mobil-flat-augsburg.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Mobilität in Deutschland − MiD. Ergebnisbericht. Abgerufen von https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/mid-ergebnisbericht.pdf?__blob=publicationFile.

Butler, L./Yigitcanlar, T./Paz, A. (2021): Barriers and risks of Mobility-as-a-Service (MaaS) adoption in cities: A systematic review of the literature, in: Cities. Jg. 109, S. 103036.

Cleopa GmbH (2022): Smart Mobility as a Service. Abgerufen am 30.03.2022 von https://smart-maas.eu/.

Cohen, J. (1992): Statistical Power Analysis, in: Current Directions in Psychological Science. Jg. 1, H. 3, S. 98–101.

Continental AG (2020): Individualverkehr gewinnt in der Pandemie an Bedeutung. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/mobilitaetsstudie-individualverkehr/.

Cristescu, A. (2021): Mobility as a Service in Deutschland: Politik als Bremser oder Enabler?. Abgerufen am 30.03.2022 von https://blog.iao.fraunhofer.de/mobility-as-a-service-in-deutschland-politik-als-bremser-oder-enabler/.

Cruz, C. O./Sarmento, J. M. (2020): “Mobility as a Service” Platforms: A Critical Path towards Increasing the Sustainability of Transportation Systems, in: Sustainability. Jg. 12, H. 16, S. 6368.

DMM (2021): CarSharing trotzt der Pandemie. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.dmm.travel/nc/news/carsharing-trotzt-der-pandemie/.

Dümmer, K. (2020): Carsharing-Statistik: Corona-Krise bremst 2020 das Wachstum, in: ADAC, 19.02.2020. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.adac.de/news/carsharing-statistik-2020/.

Follmer, R. (2020): Mobilitätsreport 01. Ergebnisse aus Beobachtungen per repräsentativer Befragung und ergänzendem Mobilitätstracking bis Ende Mai, Bonn, Berlin.

Abgerufen von https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/infas_mobilitaetsreport_20200610.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

Follmer, R./Schelewsky, M. (2020): Mobilitätsreport 02. Ergebnisse aus Beobachtungen per repräsentativer Befragung und ergänzendem Mobilitätstracking bis Ende Juni. Abgerufen von https://www.infas.de/fileadmin/user_upload/MOBICOR_Mobilit%C3%A4tsreport_2_202008017.pdf.

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (2022): Eco Fleet Services – Marktplatz für die betriebliche Mobilität. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.ecofleetservices.de/.

Gragera Lladó, A./Del Albalate Sol, D./Bel Queralt, G./Schaj, G./Cañas, H./Aquilué Junyent, I./Helder, J./Espindola, L./Mósca, M./Edelstam, M./Martí Casanovas, M./Shetty, N./Barton, P./Riegebauer, P./Filohn, P./Urbano Escobar, R. (2022): Urban mobility strategies during COVID-19. Abgerufen von https://upcommons.upc.edu/handle/2117/359571.

Hager, F./Karl, D. (2021): Pay-as-you-go oder Abonnement? – Forschungsstand und Praxisbeispiele zu Erlösmodellen von Mobility as a Service-Angeboten, in: Sucky, E./Biethahn, N./Werner, J. (Hrsg.), Mobility in a globalised world 2020, Bamberg, S. 33–70.

Hensher, D. A. (2020): Understanding Mobility As a Service (MaaS). Past, Present and Future, San Diego.

Hietanen, S. (2014): Mobility as a Service - the new transport model?, in: Eurotransport. Jg. 12, H. 2, S. 2–4.

Ho, C. Q./Hensher, D. A./Mulley, C./Wong, Y. Z. (2018): Potential uptake and willingness-to-pay for Mobility as a Service (MaaS): A stated choice study, in: Transportation Research Part A: Policy and Practice. Jg. 117, S. 302–318.

Hoerler, R./Stünzi, A./Patt, A./Del Duce, A. (2020): What are the factors and needs promoting mobility-as-a-service? Findings from the Swiss Household Energy Demand Survey (SHEDS), in: European Transport Research Review. Jg. 12, H. 1, S. 1–16.

Intelligent Apps GmbH (2022): Das neue mytaxi: In über 100 Städten von A nach B. Abgerufen am 30.03.2022 von https://free-now.com/de/.

Jelbi (2022): Jelbi – Berlins Öffentliche und Sharing-Angebote in einer App. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.jelbi.de/.

Jittrapirom, P./Ebrahimigharehbaghi, S./Narayan, J./Caiati, V./González, M. J. A./Feneri, A.-M. (2017): Mobility as a Service: A Critical Review of Definitions, Assessments of Schemes, and Key Challenges, in: Urban Planning. Jg. 2, H. 2, S. 13–25.

Karlsson, I. M./Sochor, J./Strömberg, H. (2016): Developing the 'Service' in Mobility as a Service: Experiences from a Field Trial of an Innovative Travel Brokerage, in: Transportation Research Procedia. Jg. 14, S. 3265–3273.

Knie, A./Zehl, F./Schelewsky, M. (2020): Mobilitätsreport 05. Ergebnisse aus Beobachtungen per repräsentativer Befragung und ergänzendem Mobilitätstracking bis Ende Juli. Abgerufen von https://www.infas.de/fileadmin/user_upload/PDF/infas_Mobilit%C3%25%20A4tsreport_05_WZB_7331_20210824.pdf.

Kostorz, N./Fraedrich, E./Kagerbauer, M. (2021): Ridepooling als Mobilitätsoption für alle? Erkenntnisse aus der MOIA-Begleitforschung zu Nutzerinnen und Nutzern, in: Internationales Verkehrswesen. Jg. 73, H. 1, S. 67–71.

Kremer, H.-J./Thurner, W. (2020): Age Dependence in COVID-19 Mortality in Germany, in: Deutsches Ärzteblatt international. Jg. 117, H. 25, S. 432–433.

Liljamo, T./Liimatainen, H./Pöllänen, M./Utriainen, R. (2020): People's current mobility costs and willingness to pay for Mobility as a Service offerings, in: Transportation Research Part A: Policy and Practice. Jg. 136, S. 99–119.

Lime (2022): Lime + Uber Electric Scooter Sharing. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.li.me/lime-uber-electric-scooter.

Lopez-Carreiro, I./Monzon, A./Lopez-Lambas, M. E. (2021): Comparison of the willingness to adopt MaaS in Madrid (Spain) and Randstad (The Netherlands) metropolitan areas, in: Transportation Research Part A: Policy and Practice. Jg. 152, S. 275–294.

MaaS Alliance (2022): The Alliance | MAAS-Alliance. Abgerufen am 30.03.2022 von https://maas-alliance.eu/the-alliance/.

MaaS Global (2022): We offer freedom of mobility - Whim App. Abgerufen am 30.03.2022 von https://whimapp.com/.

Matowicki, M./Amorim, M./Kern, M./Pecherkova, P./Motzer, N./Pribyl, O. (2022): Understanding the potential of MaaS – An European survey on attitudes, in: Travel Behaviour and Society. Jg. 27, S. 204–215.

mib / Jelbi (2020): Multimodal gegen Corona. Abgerufen von https://mobilityinstitute.com/wp-content/uploads/2020/06/Multimodal-gegen-Corona_Kurzstudie-von-mib-und-Jelbi.pdf.

Mola, L./Berger, Q./Haavisto, K./Soscia, I. (2020): Mobility as a Service: An Exploratory Study of Consumer Mobility Behaviour, in: Sustainability. Jg. 12, H. 19, S. 8210.

mvg.de, R. (2019): M-Login: Der Schlüssel zum digitalen München. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.mvg.de/ueber/presse-print/pressemeldungen/2019/mai/2019-05-06-m-login.html.

Nextbike (2021): Bike-Sharing ist Corona-Gewinner!, in: Presseportal.de, 26.03.2021. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.presseportal.de/pm/154459/4874778.

Paiva, S./Ahad, M. A./Tripathi, G./Feroz, N./Casalino, G. (2021): Enabling Technologies for Urban Smart Mobility: Recent Trends, Opportunities and Challenges, in: Sensors (Basel, Switzerland). Jg. 21, H. 6.

Polydoropoulou, A./Tsouros, I./Pagoni, I./Tsirimpa, A. (2020): Exploring Individual Preferences and Willingness to Pay for Mobility as a Service, in: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Jg. 2674, H. 11, S. 152–164.

Reintjes, D. (2020): Exklusive Daten zu Voi und Tier: Sind E-Scooter eine Erfolgsgeschichte?, in: Wirtschaftswoche, 28.10.2020. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/analyse-in-grafiken-sind-e-scooter-eine-erfolgsgeschichte/26565066.html.

Rühl, C. (2019): Markteintrittsentscheidung im stationsungebundenen Carsharing – Identifikation der relevanten Einflussfaktoren und Ableitung eines Selektionsverfahrens für die Zielmarktentscheidung.

Scheier, B./Frieske, B./Viergutz, K. (2021): Chancen und Potenziale von Mobility-as-a-Service nach der Corona-Pandemie, in: Wirtschaftsdienst. Jg. 101, H. 5, S. 394–399.

Scholl, A. (2018): Die Befragung, Konstanz u. a.

Siemens Mobility Global (2022): Mobility as a Service als Antrieb intermodaler Mobilität. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/intermodal/mobility-marketplace.html.

SkedGo (2021): SkedGo - Mobility as a Service (MaaS) & API für Smart Cities. Abgerufen am 30.03.2022 von https://skedgo.com/de/.

Sochor, J./Arby, H./Karlsson, I. M./Sarasini, S. (2018): A topological approach to Mobility as a Service: A proposed tool for understanding requirements and effects, and for aiding the integration of societal goals, in: Research in Transportation Business & Management. Jg. 27, S. 3–14.

Song, H./Jeschke, S./Sookoor, T./Srinivasan, R. (2017): Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications, Hoboken, New Jersey.

Statistisches Bundesamt (2021): 68 % der Erwerbstätigen fuhren 2020 mit dem Auto zur Arbeit. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/09/PD21_N054_13.html.

Umweltbundesamt (2022a): E-Scooter momentan kein Beitrag zur Verkehrswende. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/e-scooter.

Umweltbundesamt (2022b): Mobilität privater Haushalte. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/mobilitaet-privater-haushalte.

Valentin, P./Daniels, M./Walter, M. (2022): Mobility-as-a-Service: Die erste Mobilitätsflatrate Deutschlands. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.simon-kucher.com/de/blog/mobility-service-deutschland-testet-erste-mobilitaetsflatrate.

Verse, B. (2021): Mobility-as-a-Service - Digitale Mobilität. Abgerufen am 30.03.2022 von https://digitalemobilitaet.blog.wzb.eu/2021/03/03/mobility-as-a-service-mobilitaetsplattformen/.

Vetter, P. (2021): Lime, Tier, Voi: Elektroroller sind die Gewinner der Pandemie, in: WELT, 01.03.2021. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.welt.de/wirtschaft/article227310851/Lime-Tier-Voi-Elektroroller-sind-die-Gewinner-der-Pandemie.html.

Warnke, S. (2021): Ridepooling in Deutschland: Das musst du zum Sharing-Dienst wissen. Abgerufen am 30.03.2022 von https://www.inside-digital.de/ratgeber/was-ist-ridepooling-alle-details.

Ye, J./Zheng, J./Yi, F. (2020): A study on users' willingness to accept mobility as a service based on UTAUT model, in: Technological Forecasting and Social Change. Jg. 157, S. 120066.

Zehl, F./Weber, P. (2020): Mobilitätsreport 03. Ergebnisse aus Beobachtungen per repräsentativer Befragung und ergänzendem Mobilitätstracking bis Ende Oktober, Bonn, Berlin. Abgerufen von https://www.infas.de/fileadmin/pdf-geschuetzt/infas_Mobilit%C3%A4tsreport_WZB_7331_20201217.pdf.

Zhang, Z./Zhang, N. (2021): A Novel Development Scheme of Mobility as a Service: Can It Provide a Sustainable Environment for China?, in: Sustainability. Jg. 13, H. 8, S. 4233

Mobility in Business Information Systems

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in Business Information Systems

Prof. Dr. Alexander Dobhan

Professor für Business Process Management und Business Applications
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS),
Ignaz-Schön-Straße 11, 97421 Schweinfurt, alexander.dobhan@fhws.de

Eine der größten Herausforderungen für Unternehmen ist die Gleichzeitigkeit, mit der sie auf verschiedene Megatrends reagieren müssen. Dazu zählen die Nachhaltigkeit und die Digitalisierung. Während Nachhaltigkeit zunehmend zu einer gesetzlichen und gesellschaftlichen Pflicht wird, zielen die Digitalisierungsaktivitäten auf Effizienz- und Transparenzsteigerungen in den betrieblichen Geschäftsprozessen. Nicht selten führen Digitalisierungsaktivitäten auch zu einer Veränderung des Leistungsangebots an den Kunden. Die gleichzeitige nachhaltige und digitale Anpassung von Geschäftsprozessen in Unternehmen wird als Twin Transition bezeichnet.
Der Beitrag *Twin Transition – Sustainable Digital Decision Making in Enterprise Resource Planning* von Alexander Dobhan und Immanuel Zitzmann widmet sich der Frage wie ERP-basierte und damit digitale, operative Entscheidungsprozesse nachhaltig gestaltet werden. Als Antwort darauf ergänzen die Autoren das Grundmodell der Entscheidung um eine Digitalisierungs- und Automatisierungsperspektive auf der einen Seite und eine Nachhaltigkeitsperspektive auf der anderen. Das Modell dient in dem Artikel nicht nur der Beschreibung des Grades, zu dem Twin Transition für eine Entscheidung realisiert ist, sondern macht auch die Zusammenhänge zwischen Nachhaltigkeit und Digitalisierung bei operativen Entscheidungen deutlich. Die Anwendbarkeit des Modells zeigen die Autoren mit der beispielhaften Betrachtung der operativen Lieferantenauswahl im Zuge des Bestellanforderungsprozesses.
Ebenfalls Digitalisierung und Nachhaltigkeit verbindet der Beitrag *Achieving Corporate Sustainability through Business Analytics – A framework for Sustainability Advisors and Corporations* von Sahana Narasimhamoorthy und Bernd Knobloch. In diesem Beitrag beschreiben die Autoren ein datenbasiertes Modell zur Gestaltung von nachhaltigen Prozessen in Logistikunternehmen. Dabei ist es das Ziel über Datenanalysen und Reports bis hin zu einem integrierten Datenmodell Geschäftsprozesse nachhaltig zu gestalten. Im Zuge dieser Beschreibung wenden die Autoren das bestehende Modell auch auf einen Logistikdienstleister an.
Im Beitrag *Radio-frequency identification (RFID), Robotic Process Automation (RPA) und Indoor-Positioning-Systeme (IPS) im produktionsnahen ERP-basierten Make-To-Order-Auftragsabwicklungsprozess* zeigt Thomas Zwiefel exemplarisch die Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Anwendung neuer Technologien

in der Geschäftsprozessabwicklung auf. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Implementierung eines Laborbeispiels und die Evaluation der Technologien für den gewählten Einsatz. Das Lesen eines RFID-Chips bewirkt den Start des richtigen Geschäftsprozesses. Mit Hilfe eines Softwareroboters werden daraufhin diverse ERP-System-Funktionalitäten zur Ausführung des Prozesses automasiert, während das IPS als Schnittstelle zwischen dem physischen Prozess und dem Prozess im ERP-System dient. Zur Einordnung erläutert der Autor den konkreten Prozess und die konkrete Systemlandschaft des Laborbeispiels vor dem Hintergrund einer Referenzarchitektur und eines Referenzprozesses. Im Zuge der Evaluation diskutiert der Autor dann die Herausforderungen und die Vorteile des Einsatzes der Technologien.
Unter anderem auf neuronale Netze als Möglichkeit zur Geschäftsprozessdigitalisierung und sogar –automatisierung bezieht sich der Artikel *Digitale Transformation produktionsnaher Prozesse in KMUs des metallverarbeitenden Gewerbes* von Lars Eberhardt, Alexander Dobhan, Michael Heidenreich und Felix Markert. Der Artikel beinhaltet einen Überblick über Ergebnisse des Projektes Optimierung von Prozessen und Werkzeugmaschinen durch Bereitstellung, Analyse und Soll-Ist-Vergleich von Produktionsdaten (OBerA). Der Artikel beantwortet die Frage, auf welche Weise die digitale Transformation produktionsnaher Prozesse in KMUs des metallverarbeitenden Gewerbes mit einem Fokus auf Anwendungssysteme erfolgen kann. Neuronale Netzen dienen im Zuge dieses Projektes als Ansatz zur Datenpflege in einem Engineer-To-Order-Prozess. Konkret können hier Möglichkeiten zur Automatisierung der Werkzeugauswahl und der Angebotskalkulation aufgezeigt werden. Auf Basis von Stammdaten werden in ERP-Systemen Plandaten erzeugt. Für einen aussagekräftigen Plan-Ist-Vergleich hinsichtlich der Produktionszeiten und -termine bedarf es einer hohen Plan- und Istdatenqualität. Die Plantermindaten im Fertigungsbereich eines Unternehmens werden durch die Reihenfolgeplanung festgelegt. Teil dieses Artikels ist deshalb die Beschreibung einer mittelstandsgerechten Reihenfolgeplanungsfunktionalität für ein ERP-System, die im Zuge des Projektes OBerA entwickelt wurde. Dazu passend wird der Effekt der Istdatenmeldung auf Basis von Maschinendaten anstatt manueller Daten analysiert. Neben dem eigentlichen Fertigungsprozess ist die Verfügbarkeit der Werkzeuge von großer Bedeutung für die Prozess- und Produktqualität. Deshalb beinhaltet dieser Beitra einen Abschnitt zu dem für den Mittelstand typischen Anforderungen an das Werkzeugmanagement. Im letzten Teil des Artikels werden schließlich allgemeine Aspekte von Entscheidungen zur IT-Architektur in mittelständischen Unternehmen erläutert und fallbeispielübergreifende Schlussfolgerungen gezogen.

Twin Transition – Sustainable Digital Decision Making in Enterprise Resource Planning

Prof. Dr. Alexander Dobhan

Head of ERP Lab, FIS-SAP Lab, Professor for Business Process Management & Business Applications an der University of Applied Sciences Würzburg – Schweinfurt, Ignaz-Schön-Straße 11, 97421 Schweinfurt, alexander.dobhan@fhws.de

Dr. Immanuel Zitzmann

Teaching Lecture, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstraße 21, 96052 Bamberg, immanuel.zitzmann@gmx.de

1 Introduction 139

2 Theoretical Background 141

3 Model for the Twin Transition 147

4 Twin Transition for Creating Purchase Requisition 152

5 Conclusion 156

6 Bibliography 157

Abstract:

The European Union is striving to achieve the goal of a climate-neutral Europe by 2050. A crucial factor for achieving this goal is the so-called twin transition. It describes the simultaneous digital and sustainable transition of the European economy. If implemented correctly, ongoing digitization contributes significantly to the desired sustainability. It, in turn, also means that digital processes supported by software should consider sustainability goals. Business software and, in particular, Enterprise Resource Planning (ERP) systems are the most applied tool for the digitization of business processes. For a successful twin transition, it is crucial to combine the idea of sustainability with ERP systems. For this purpose, we conduct a literature analysis. The outcome shows that some research work regarding sustainability and ERP systems and their implementation as a whole exists already. However, a detailed process-oriented examination about the consideration of sustainability in ERP-based business processes is still missing. It should focus on the specific decision processes of business processes and functions within ERP systems. For generating impact on sustainability, the decision-making processes are of particular interest. Therefore, our research aims to examine the twin transition of decision-making processes in ERP-supported business processes. The focus is on considering sustainability in these decisions. Thus, we introduce an approach that integrates both the ERP support by automation and the consideration of sustainability. Subsequently, we apply the model to the process of creating a purchase requisition.

JEL Classification: M11 (Production Management), M15 (IT Management), Q56 (Sustainability)

Keywords: ERP, Sustainability, Procurement, Modelling, Decision-making

1 Introduction

Sustainable management is increasingly demanded of companies by legislators and customers. It includes environmentally friendly decisions, the consideration of social interests, and economic success. Within companies, many operational decisions are made with the support of planning systems such as systems for Enterprise Resource Planning (ERP), Manufacturing Execution, or Logistics Execution. Such decisions are material or production planning via personnel scheduling up to route planning. Often, they are partly automated. The systems provide decision-relevant information, and the users decide. The availability of Artificial Intelligence, Robot Process Automation, and complex algorithms for a broad range of companies and systems require a new evaluation of the potential for automation in operational decisions (Soprakan and Kiattisin, 2021). Operational decisions consider the framework of tactical decisions. They refer, for example, to the utilization of resources, the quantity and dates of product variants to be produced or to be purchased (Buzacott et al., 2012, 2).

Currently, the majority of these decisions are based on costs. The cost rates are stored in the machine, material, personnel, or logistics master data to enable margin calculations for customer orders and cost overviews at any time. It is questionable to what extent this approach meets the goal of sustainability in companies. We distinguish between three perspectives on sustainability and ERP systems: Perspective 1 focuses on the influence of ERP systems as a whole on the sustainability of a company (for example, Chofreh et al., 2016). Perspective 2 refers to the sustainable operation of ERP systems, for example, the low-CO2 operation of data centres (for example, Harmon et al., 2010). Perspective 3 involves the ERP system application in processes and thus the support provided by ERP systems in making decisions (for example, Fajriani et al., 2020). While the first two perspectives have been extensively addressed in the literature, authors have hardly considered the third perspective so far.

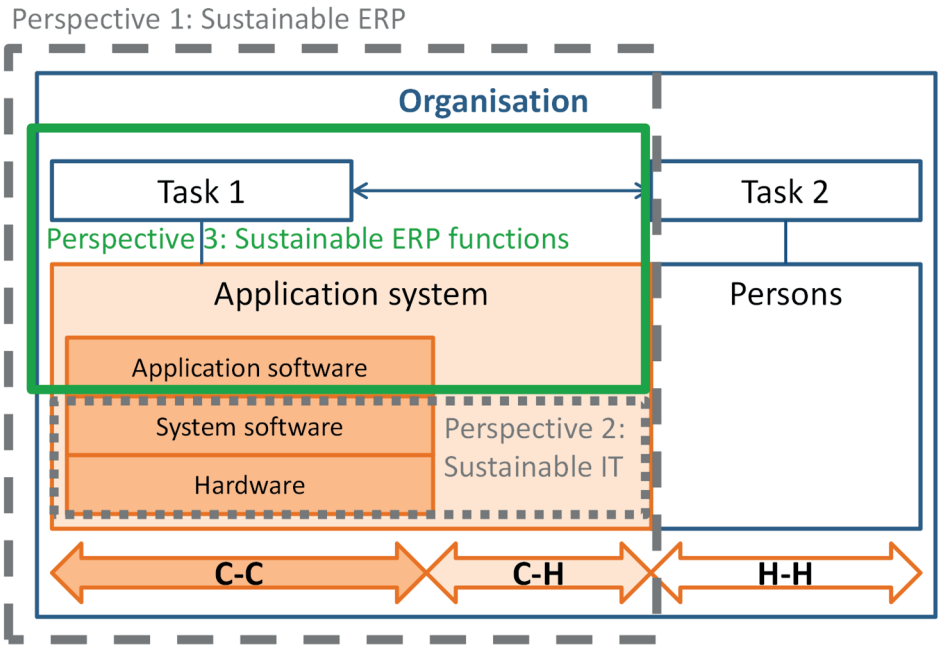


Figure 1: Perspectives on application systems

The figure above illustrates the described differences, when looking onto application systems (Ferstl and Sinz, 2013, 5). While perspective 2 focuses strongly the physical system operation, which is essentially characterized by hardware and the system software, perspective 1 refers to the application system as a whole and thus also to the implementation process. Perspective 3 analyses individual application system elements, namely the decisions made by or with the ERP system and their influence on sustainability.

According to this differentiation, plus the fact, that the third perspective has been neglected in the existing literature, we will give insights into the following research question:

> *How can sustainability be integrated into operational, ERP-based decision processes?*

To answer that question, we intend to examine the decision-relevant relation between both elements of twin transition. Another objective is to describe specific measures that ensure the consideration of sustainability in ERP-based processes. Furthermore, we want to introduce an approach for describing the automation and sustainability level for operational decisions. So, it will be possible to identify automation and sustainability potentials for operational decisions.

To reach the objectives, we first provide the results of a literature review on ERP systems, operational business decision-making, and sustainability. Subsequently, we introduce a model for sustainable decisions and adapt it to an ERP-based process. The model serves as the basis for describing ways to ensure and integrate sustainable

ERP-based operational decisions. It is followed by an example for a sustainable decision in the ERP-based process of creating a purchase requisition.

2 Theoretical Background

2.1 Sustainable ERP

The Sustainable ERP (S-ERP) research follows three different perspectives (cf. introduction). Articles of the first perspective cover the impact of ERP systems, as a whole, on sustainability. Chofreh et al. contribute extensively to this perspective. They introduced in several articles a framework for S-ERP implementations. In 2014 they defined an S-ERP system "as a holistic solution to support sustainability initiative" (Chofreh et al., 2014). The research paper addresses the different stages of the S-ERP lifecycle. For each, the authors examine the integration of business and sustainability. They state a lack of integration in companies. In addition, they figured out a lack of research regarding each stage of the S-ERP lifecycle. Motivated by these findings, Chofreh et al. developed a framework for S-ERP implementation. They assumed the availability of S-ERP systems on the market. However, companies fail to establish them in their organizations. To succeed with the S-ERP system implementation, they developed a master plan consisting of a framework, a roadmap, and guidelines.

In Chofreh et al. (2017), the authors derived from existing ERP roadmaps an S-ERP roadmap with three phases (pre-implementation, implementation, post-implementation) and nine stages (twice: initiating, planning, executing, closing; once: monitoring). Subsequently, the researchers described the evaluation of their roadmap by 12 experts and specified the different elements of their roadmap (Chofreh et al., 2018a). However, the roadmap does not include specific dimensions and criteria. Therefore, Chofreh et al. (2018b) add a framework to the roadmap. It combines the decisional paradigm (strategic, tactical, operational) with the sustainability paradigm (environmental, economic, social). Following the decisional paradigm ensures the involvement of all internal stakeholders in an implementation process. The sustainability paradigm leads to a comprehensive list of criteria and objectives when implementing an S-ERP system. As for the roadmap, several experts confirmed the framework's applicability (Chofreh et al., 2018c).

As the last element of their master plan, Chofreh et al. (2020) derived guidelines from the roadmap and the framework. For specifying them, the authors combined the implementation levels of the framework (strategic, tactical, operational) with the implementation steps of the roadmap (initiation, plan, execution, monitoring/controlling, closure). Furthermore, they defined detailed activities considering the sustainability paradigm for each step-level combination. According to the authors, following their approach would improve production effectiveness, minimize energy consumption,

and reduce carbon emissions. Figure 2 gives a good overview of the different levels within the approach described above.

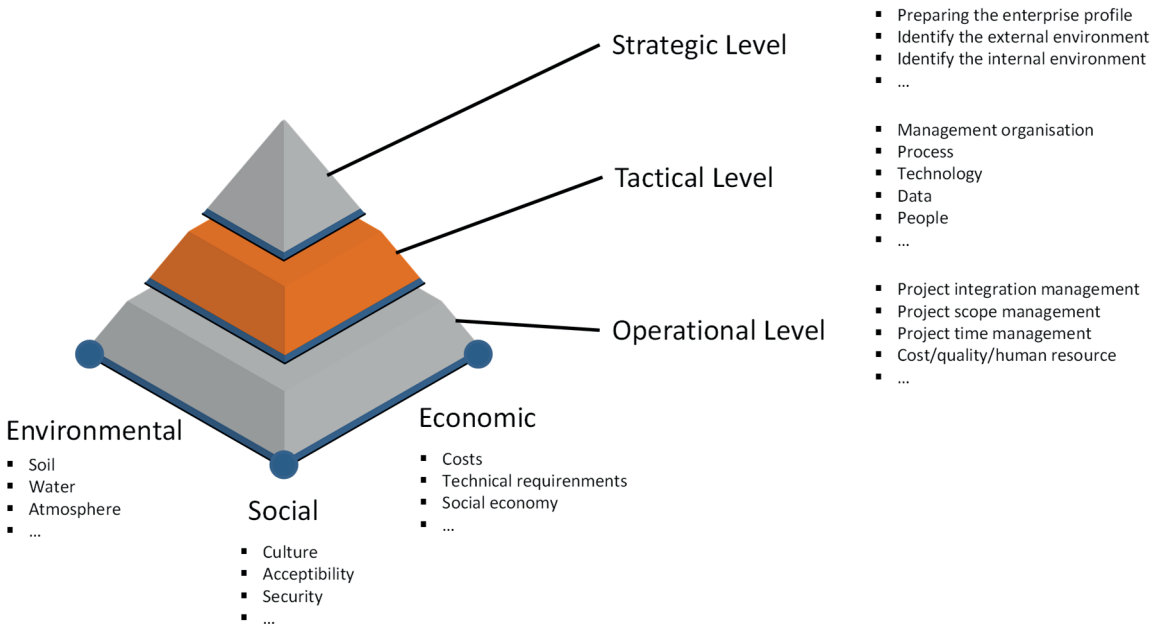


Figure 2: S-ERP systems implementation framework (Figge et al., 2002; Goldman and Nieuwenhuizen, 2006)

Unquestionably, the research work of Chofreh et al. is a valuable and comprehensive contribution to the S-ERP research. The extensive literature fundament combined with the expert-based evaluation of their approach built a broad fundament for the sustainable implementation of ERP systems in organizations. They consider the sustainability of decisions about the entire ERP system and its implementation. However, the authors did not investigate the specific ERP functions and decisions in operational processes from a sustainability perspective in detail.

The same holds for the other publications of the first perspective on S-ERP systems. Huang et al. (2019) identify critical success factors for the ERP system implementation by executing a literature review and carrying out a Delphi study within the Taiwanese B corporation. According to the results of the literature review and the Delphi study, there are 41 critical success factors (such as top management support or user training and education) in the five dimensions business organization strategies, system users, counselling team, software vendor, enterprise performance. Considering success factors increases the internal control, which leads to a better brand image and higher sustainability in operations. Alsaid (2021) describes the ERP system implementation for an Egyptian state-owned enterprise for electricity distribution. The paper further examines how an ERP system supports sustainably running the business. Ibrahim et al. (2018) refer to ERP-based Reverse Logistics and describe a use case about it. Unlike the other authors of perspective 1, Slaman and Haddara (2019) show

in their case study that ERP systems do not automatically increase sustainability. According to them, ERP systems mainly lead to higher efficiency and better time management.

The second of the three research perspectives on S-ERP mainly includes all research regarding sustainable Information Technology (IT) in general, and Green IT, in particular. It addresses how a company can sustainably run an ERP system. As the name indicates, Green IT reduces sustainability to eco-friendly ERP Systems. It refers to their use, disposal, design, and manufacturing. A system includes both software and hardware. As concrete measures, Murugesan (2008) suggests reducing the energy consumption of computers, refurbishing and reusing old computers, designing eco-friendly hardware, and manufacturing with minimal impact on the environment. Loeser (2013) confirms this definition for Green IT for the research work until 2013. Over the last decade, the research focus expanded from Green IT to Sustainable IT (Harmon et al., 2010). In addition to the eco-friendly system operation and the business impact, researchers considered aspects such as partnerships, voluntary codes, or NGOs, when evaluating IT sustainability. Ursacescu et al. (2019) examined the relation between Green IT and ERP systems in the context of sustainability. For their empirical study, they combine sustainable management criteria with green IT criteria to assess the greenness of ERP systems. Mmeah et al. (2018) give an overview of the research about Sustainable IT. They summarized the development of green IT to sustainable IT. According to them, it started with the first wave of green computing, which allows cost optimization. As a second wave, Sustainable IT services appear, which take into account the social role of IT. During that wave, Sustainable IT comes along with the concept of corporate social responsibility.

The third research perspective addresses the sustainability of specific ERP-supported processes and ERP functions. Unlike the articles of perspective 2, the research work does not refer to the ERP system as a whole. Instead, it focuses on specific ERP functions and ERP-supported processes. Kandananond (2014) concentrated his research on the environmental impact of supply chain activities over the entire product lifecycle. Following his results, ERP systems should support the product-related tracking of energy, resource, and material consumption. Also, transportation efforts should be available and information about the daily use of the product. Finally, monitoring waste disposal is necessary for the ERP system. In addition, the ERP system should offer a function for environmental reporting. Zvezdov and Hack (2016) refer to the latter, as well. They examined how ERP systems can support the carbon footprinting within a supply chain and developed an ERP data framework for determining the carbon footprint of companies. They use a case study for designing and applying their approach. Fajriani et al. (2020) analyze the Greenness of the ERP-based procurement process for the Leather Tanning industry. They propose a system that includes sustainability data in the supplier master data to incorporate environmental

aspects when selecting a supplier. They implemented their proposals for the open-source ERP system odoo.

In summary, there has been some research work regarding the sustainability of ERP systems. The literature of perspective 1 describes the impact of an ERP implementation in an organization on sustainability. Authors of perspective two mainly cover how companies can sustainably run an ERP system (or IT systems in general). However, only perspective 3 includes detailed examinations of ERP-based processes and ERP functions. We structured the literature review according to the different elements of an application system. Alternatively, figure 3 illustrates that it is possible to organize the perspectives from general (2 – sustainable IT) to specific (3 – sustainable ERP functions).

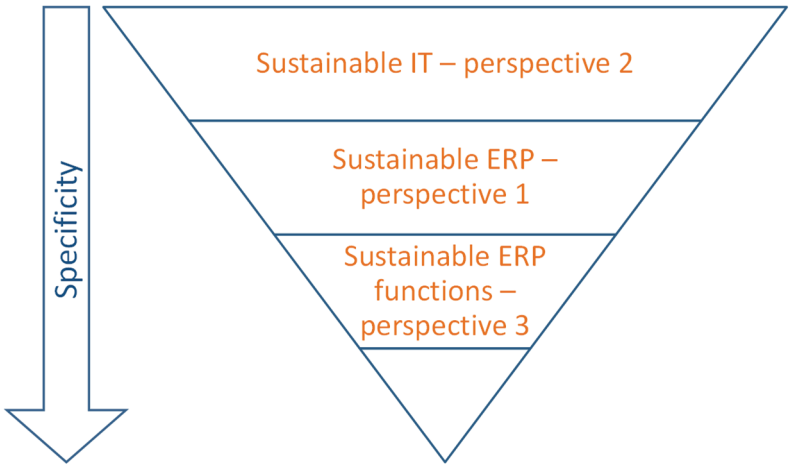


Figure 3: Research perspectives

Furthermore, the literature review reveals that there is still future research required. When it comes to sustainable ERP functions, in particular carbon footprinting and sustainable lifecycle management, it becomes clear that operational ERP-based decisions are crucial for sustainable companies. Thus, decision tasks in a process are the tasks that are relevant for process sustainability and process automation. Therefore, we will shed light on sustainable decisions in ERP systems in the subsequent paragraphs.

2.2 Sustainable and Automated Decisions

Sustainable development "[...] meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs [...]" (WCED, 1987, 8). This formulation of the Brundtland Report is the starting point of the global sustainability discussion. Furthermore, the report specifies that primarily the fundamental needs of the world's poor must be met and that this must be done within the planetary boundaries of the global ecosystem (WCED, 1987). Thus, sustainability includes an ecological dimension as well as a socio-economic one. However, it is also noted that

sustainability will have different manifestations in different countries and systems. Within the United Nations framework, the goal of sustainable development has found its expression in the Sustainable Development Goals (SDGs) and the associated Agenda 2030 (United Nations, 2014). These request policymakers worldwide to take action to achieve sustainability. Implementations in national strategies, such as the German Sustainability Strategy (Bundesregierung, 2021), and multinational measures, such as the European Green Deal (European Commission, 2019), set conditions that increasingly require decision-makers in companies to integrate sustainability into decision-making processes and organizational structures.

As the sustainability concept covers a broad spectrum, there are also different views on sustainable decision-making processes (Bolis et al., 2017). The scientific literature on sustainable decision-making includes, for example, contributions to the integration of social factors and public participation processes in waste management (Hung et al., 2007). It also refers to the influence of a desired positive legacy on ethical business decisions (Fox et al., 2015), the use of life cycle assessments in decision-making processes (Dong et al., 2018), or sustainable decision-making in the software management process (Bokolo and Mazlina, 2016). Additionally, it includes contributions that generally address the integration of sustainability factors in decision-making processes (He et al., 2017; Ashley et al., 2003). A general understanding of sustainable decision-making processes does not emerge from the existing literature.

Decisions are specific activities within a business process. Machines, application systems, or persons carry out the tasks (figure 4). If persons solely execute the tasks, they are not automated (manually). If software partly or completely overtakes a task, it is partly or fully automated (Ferstl and Sinz, 1998). Application systems include all types of software and hardware plus the users, in case of partly automated tasks.

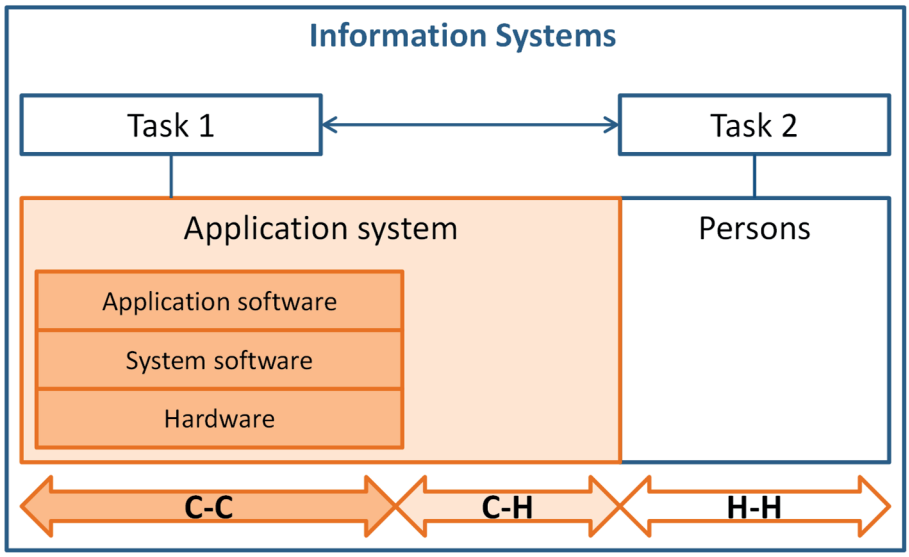


Figure 4: Application systems (Ferstl and Sinz, 2013, 5)

If a decision is carried out manually, none of its elements is automated. Partly automated decisions are decisions with manual and automated elements. In the case of partly automated decisions, a decision support system automatically generates numerous decision alternatives, whereas managers are responsible for their assessment. Automated decisions are decisions without any manual doing. The proliferation of artificial intelligence causes an increase in the automation level of decision-making. Each decision consists of the subsequently described sub-tasks, derived from the five decision elements in figure 5 (Sieben and Schildbach, 1994, 15-31).

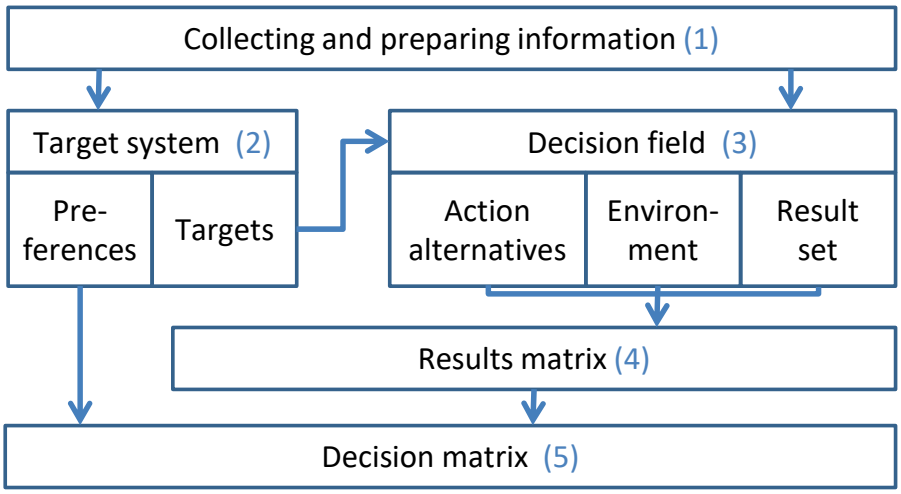


Figure 5: Decision process according to Sieben/Schildbach (1994)

Collecting and preparing information about the decision situation includes gathering all necessary information. It contains decision contents, decision conditions, and the targets and preferences of the responsible person or department. Defining the *target system* means determining the target values that should be reached by the decision. Preferences indicate which targets and target values are advantageous compared to others. The *decision field* consists of the decision-related alternatives, conditions, and result sets. Thus, it describes all kinds of decision inputs and decision outputs. The *result matrix* gives an overview of all possible scenarios with their results without evaluation. Unlike the result matrix, the *decision matrix* includes a ranking of different scenarios. It applies the preferences and target values on the result matrix. So, the best alternative becomes obvious (Sieben and Schildbach, 1994, 15-31). Further on in this article, we introduce solutions for the automation of the five decision elements. Thus, we illustrate the digital aspect of the twin transition and distinguish between different levels of automation for each decision. Thereby we reveal opportunities and solutions for automation.

Additional to digitization, the decisions in the twin transition context comprise the aspect of sustainability. Therefore, we speak about sustainable decisions when sustainable factors play a relevant role in the target system. Minimum standards on sus-

tainability (Hersh, 1999) lead to a reduction of the number of alternatives to sustainable alternatives. Sustainability as an object of optimization in the context of a decision ensures optimal decisions regarding sustainability, for example, when choosing an alternative with minimal CO2 emissions. Usually, the operationalization of sustainability requires more than one factor and the underlying decision problem also includes at least one factor to be optimized. Therefore sustainable decision-making is often accompanied by multi-criteria optimization problems (Hersh, 1999; Zavadskas et al., 2018; Paul et al., 2021).

Sustainable decisions thus integrate additional, sustainable criteria into the decision-making process, which increases the complexity of decision-making. Several target criteria have to be taken into account, and trade-offs and conflicts of objectives between individual criteria usually arise. Therefore, procedures are necessary to weigh the target criteria (Penadés-Plà, 2016). Additionally, minimum standards can serve as a framework for an optimization decision (Hersh, 1999).

Another challenge of sustainable decision-making lies in choosing suitable indicators for quantifying sustainability. It comes from the broad and partly differing understanding of the term sustainability. In addition to the SDGs at the international level, various approaches and systems exist both at the national level (for example, indicator report of the German Federal Government) (Statistisches Bundesamt, 2021) and in the context of supply chains (for example, Life Cycle Assessment) (Egilmez et al., 2014) and companies (for example, Global Reporting Initiative or German Sustainability Code) (Rat für nachhaltige Entwicklung, 2020) for measuring the different sustainability dimensions. Also, in the (economic) scientific literature, no uniform procedure is used to operationalize sustainability. Therefore, it is necessary to make a strategic decision about the criteria or a criteria system that operationalizes sustainability within a company. Only then do these criteria support sustainable decision-making on an operational level. This conclusion is the fundament for the following examination.

3 Model for the Twin Transition

Twin transition of operational business processes means the integration of sustainability and the automation of these decision processes. Therefore, we suggest a model for the twin transition in the light of the theoretical background in section 2. It covers both automation and sustainability of the various decision elements of a decision process (see figure 6).

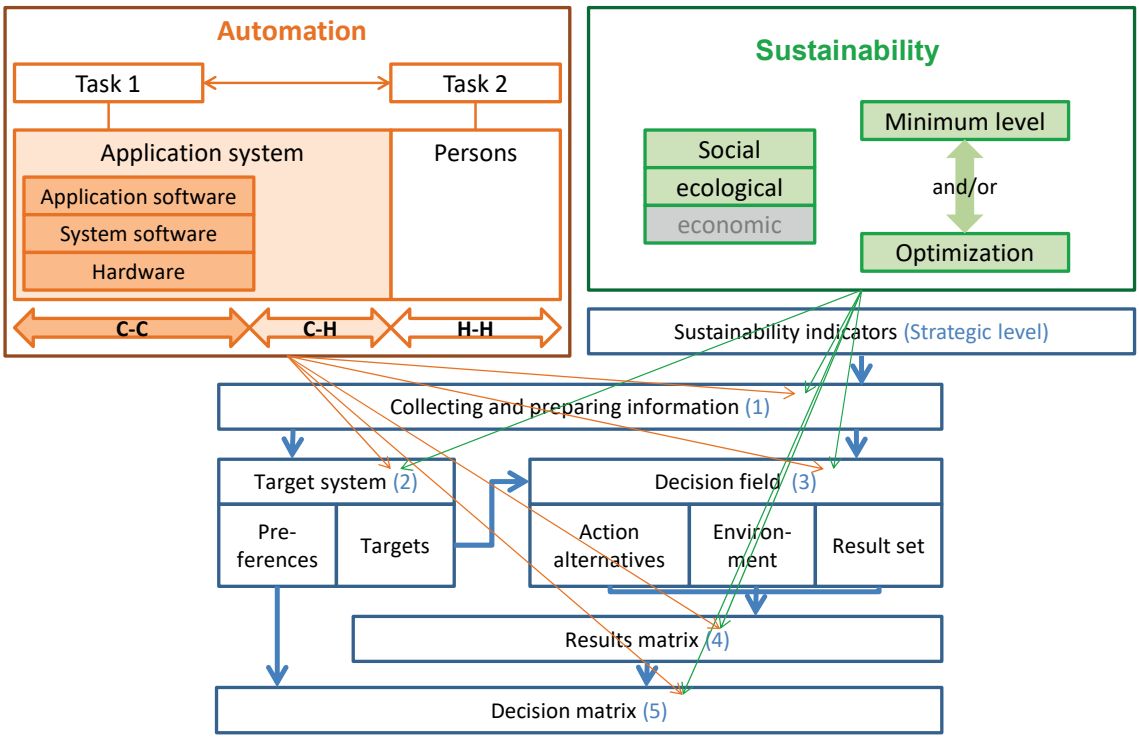


Figure 6: Twin transition of operative processes

3.1 Automated Decisions

For our research, we focus on operational ERP-supported business processes. Therefore, we analyze how ERP systems can increase the automation level for each element. The examination about ways of automation in ERP systems starts with element (1), as we take the strategic level as element (0) which is a prerequisite that is not crucial for the automation of decision and will be explained in section 3.2. Another prerequisite are thoroughly maintained Master Data in the relevant context.

The first element *refers to the information collection and preparation concerning the decision situation* (1). ERP system automation for that element means the digital availability of reports that contain relevant information for decision-makers. In addition, an ERP system provides information, when entering values. If, for example, a sustainable lot size is predefined for a product, the system should take it as a suggestion for the product-specific production or purchase order. If there is an end date for product availability, a hint should appear on the screen during the order creation. Usually, the relevant information comes from Master Data that was maintained before.

The second decision element refers to the *target system* (2). The ERP system considers targets by weights in target functions, for example, for different cost types or target values for run times. Users maintain them as Master Data for suppliers, items, or other objects. For automated decisions, the application of a function to an object or the consideration of target values is automated.

The third decision element is the *decision field* (3), consisting of alternatives, environmental conditions, and possible results. Altogether, the decision field includes a set of unassessed scenarios as a basis for the decision. ERP systems allow working with unassessed scenarios, by using plan versions or Master Data alternatives, such as bill of materials or routing alternatives, or alternative suppliers. In particular, plan versions allow the consideration of varying environmental conditions. They complement the information that is available from the first decision element.

The fourth decision element combines the previous decision elements to assess the alternatives. ERP systems, which automate the *creation of a result matrix* (4), assign values (in terms of the target function or the difference to target value) to the alternatives of the decision field. Thus, users achieve an overview of assessed scenarios to support their decisions.

Finally, if the ERP system overtakes the fifth decision element, it identifies the best decision. Thus, the *decision matrix* (5) in the ERP system includes all relevant information about the decision result. The system overtakes the entire decision for the user. In that case, the decision is fully automated.

For achieving automation concerning decision elements (4) and (5), (1), (2), and (3) are prerequisites. Furthermore, it is hardly possible to automate (2) and (3) without an automated or at least partly automated decision element (1).

An example of a fully automated decision process is the Material-Requirements-Planning (MRP) job in numerous ERP systems. It automatically decides about quantities and dates. It applies the provided information about the environmental conditions, such as demand or delivery times. The target function usually focuses on achieving inventory goals, ensuring timeliness, or reaching a suitable capacity load. The MRP run evaluates numerous alternatives by following predefined rules and returning a precise result. Table 1 includes an overview of automation approaches for the elements of a decision.

Element	Automation	Explanation
1	Reports, information fields, pop-up messages, drill-down lists.	Relevant information are automatically available, when making the decision (for example, drill-down list of available products during the creation of a production order).
2	Weights in target functions, target values	For example, a target function for finding an economic order quantity or order sequence consider weights, Master Data contain target values (for example for run times).
3	Set of unassessed scenarios (plan versions, bill of materials / routing alternatives, alternative suppliers…)	The ERP system provides an overview of a certain plan version with the respective decision objectives, but not assessed with relevant criteria
4	Overview of assessed scenarios (total value concerning target criteria for plan versions, alternative routings…)	Similar to 3, but now with an assessment according to multiple decision criteria.
5	Result matrix with the preferred plan version, routing, bill of materials	ERP system makes a decision and return information on the selected alternative, for example, plan version.

Table 1: Automated decisions in ERP systems

3.2 Integration of Sustainability

Since decisions in ERP-based processes are mostly cost-oriented, the economic dimension of the triple bottom line (TBL) is already considered (Elkington, 1998). Social and environmental criteria still need to be defined for the twin transition. Alternatively, managers and researchers overcome this differentiation and choose a holistic approach that considers sustainability as a whole (Milne and Gray, 2013). Additionally, it has to be determined if minimum levels or optimization models are suitable for ensuring a sustainable decision process.

Section 2.2 explained that it is necessary to decide on the operationalization of sustainability before integrating sustainability aspects into the elements of a decision-making process. Thus, as already mentioned we add a decision element about *sustainability indicators* (0) to the model. It defines the qualitative and quantitative criteria for sustainability on a strategic level. Here, suitable sustainability indicators are defined for each decision in an enterprise separately or as an example for all decisions in the procurement process.

The sustainability indicators, defined on the strategic level, are applied to the operational decision processes. They serve as inputs for the *collection and preparation of information* (1). Integrating sustainability into the decision-making process increases

the amount of input data compared to decision-making processes that do not consider sustainability.

The additional data is also relevant for the *target system* (2). Here, sustainability represents another multi-criteria target dimension or even the only target. It is necessary to adapt the existing target hierarchy and define weightings and preferences. For sustainability, it is crucial to determine the minimum standards that a sustainable decision must fulfil. Additionally, relevant sustainability indicators are to be defined as optimization criteria.

Information from element (1) and relevant targets for the decision (2) have to be integrated into the third element, the *decision field* (3). The integration of sustainability into the previous elements thereby expands the result set.

The *result matrix* (4) comprises all evaluated alternatives with the respective target values for the sustainability indicators. For automated decisions, the integration of sustainability into elements (3) and (4) follows automatically from the sustainability in (1) and (2).

If some alternatives in (4) do not meet the minimum sustainability standard, they are not part of the *decision matrix* (5). The decisions matrix describes the decision result considering the sustainability information and target values from (1) and (2).

Element	Integration of sustainability	Explanation
0	Definition of sustainability indicators	Select appropriate indicators to assess the sustainability of the decision. Should tie in with the organization's understanding of sustainability and reporting.
1	Extension of master data	Systematically collect and maintain indicators defined in Element 0.
2	Adjustment of the target system related to sustainability	Introduction of minimum standards that alternative courses of action must meet in terms of sustainability and definition of the sustainability indicators to be optimized. The hierarchy of objectives may need to be adapted.
3	Extension of the result set	The result set is expanded with sustainability indicators, and alternatives that do not meet the minimum standards are eliminated.
4	Presentation of the sustainability indicators in the result matrix	Sustainability impacts for each scenario extend the result matrix.
5	Adjustment of the decision matrix	The evaluation of alternatives considers sustainability indicators.

Table 2: Integrating sustainability into ERP decision making

Table 2 summarizes the integration of sustainability in decision-making processes. Although data changes in all elements of the decision-making process, only the definition of indicators in (0), the collection of sustainability-related information in (1), and the adjustment of the target system in element (2) are crucial for the integration of sustainability. The modifications there lead to an integration of sustainability into (3), (4), and (5) and thus into the entire decision-making process. Table 3 summarizes the twin transition by combining table 1 and table 2. It shows ERP functions that enable the digital part and the consequences of the sustainable part for operational ERP-based business processes.

Element	Automation	Integration of sustainability
0	-	Definition of sustainability indicators
1	Reports, information fields, pop-up messages, drill-down lists.	Extension of master data
2	Weights in target functions, target values	Adjustment of the target system related to sustainability
3	Set of unassessed scenarios (plan versions, bill of materials / routing alternatives, alternative suppliers…)	Extension of the result set
4	Overview of assessed scenarios (total value concerning target criteria for plan versions, alternative routings…)	Presentation of the sustainability indicators in the result matrix
5	Result matrix with the preferred plan version, routing, bill of materials	Adjustment of the decision matrix

Table 3: Summary of the twin transition of sustainable decisions in ERP

4 Twin Transition for Creating Purchase Requisition

Due to the functionality of ERP systems, reference models for business processes typically exist for the purchase to pay, order to cash, or plan to production processes (Whitelock, 2020; Kurbel, 2016, 105-119). To illustrate the application of our previously defined model, we take the creation of a purchase requisition as an example. We selected this task as it belongs to the procurement process, which has been the topic for many articles regarding sustainability. Furthermore, the purchase requisition includes not just one but several decision object. A purchase requisition requires a decision on the type of material or service, the delivery date, the delivery address, and the preferred supplier(s) (although the final decision is part of the purchase order). (Kurbel, 2016, 105)

Before we discuss the sustainability and the automation of a decision, it is necessary to select suitable sustainability indicators (0) (cf. section 3). As already mentioned in

section 2, there is a multitude of indicator systems and even more individual indicators to capture sustainability aspects. As there is currently no consensus on a generally accepted indicator system for sustainability, the assessment system developed by the Global Reporting Initiative (GRI) seems to be suitable for the following explanations. The GRI is an independent international organization that develops standardized reporting guidelines regarding sustainability (GRI, 2022; Woods, 2003). All guidelines are transparently communicated and can be accessed by anyone. The advantages of using the GRI guidelines as indicator set are their global applicability and modular structure. The latter makes it possible to reduce the application effort, as only the relevant guidelines need to be applied in a certain business area. Integrating GRI indicators into the ERP system simplifies the sustainability reporting for a company, as that is the origin of the standards.

Eight GRI standards with selected indicators are relevant for the process of creating purchase requisition and its sub-processes. The standards 204 (Procurement practice), 301 (Materials), 305 (Emissions), and 308 (Supplier environmental assessment) with their indicators consider ecological aspects of sustainability. Social indicators relating to the process under consideration are described by standards 407 (Freedom of Association and Collective Bargaining), 408 (Child Labor), 409 (Forced or Compulsory Labor), and 414 (Supplier Social Assessment). Table 4 lists the GRI standards to be applied and the individual indicators to be integrated.

After defining the indicators for integrating sustainability, elements (1) to (5) are discussed for the ERP-based creation of purchase requisitions. We show for each element, how sustainability and automation is considered:

The data for the indicators listed in table 4 must be collected concerning the creation of purchase requisitions. It is stored in the suppliers' master data and is aggregated to a report (1). For getting information on 414-2 we need to save data about the social impact for each supplier. However, not all indicators are relevant for the result set of the decision field (3). When determining the material to be procured, the GRI indicators on the material (301-1, 301-2, 301-3) and emissions (305-3, 305-6) must be listed. The result set of the quantity decision does not change when using the GRI Standards.

The same applies to the result set for the delivery date and location. In the result set for supplier selection, the indicators for procurement practice (204-1), supplier environmental assessment (308-1, 308-2), freedom of association and collective bargaining (407-1), child labor (408-1), forced or compulsory labor (409-1) and supplier social assessment (414-1, 414-2) must be listed to integrate sustainability.

Area	Disclosure	Indicator
Procurement Practice (204)	204-1	Percentage of the procurement budget spent on suppliers local to the operation
Materials (301)	301-1	Weight or volume of materials that are non-renewable/renewable
	301-2	Percentage of recycled input materials
	301-3	Percentage of reclaimed products
Emissions (305)	305-3	Gross other indirect (Scope 3) GHG emissions
	305-6	Import of ozone-depleting substances (ODS)
Supplier Environmental Assessment (308)	308-1	Percentage of new suppliers that were screened using environmental criteria
	308-2	Number of suppliers assessed for environmental impacts; number of suppliers identified as having significant actual and potential negative environmental impacts
Freedom of Association and Collective Bargaining (407)	407-1	Suppliers in which workers rights to exercise freedom of association or collective bargaining may be violated or at significant risk
Child Labor (408)	408-1	Suppliers considered having significant risk for incidents of child labor or young workers exposed to hazardous work
Forced or Compulsory Labor (409)	409-1	Suppliers considered having significant risk for incidents of forced or compulsory labor
Supplier Social Assessment (414)	414-1	Percentage of new suppliers that were screened using social criteria
	414-2	Number of suppliers assessed for social impacts; number of suppliers identified as having significant actual and potential negative social impacts

Table 4: GRI-standards with relevance to the creation of purchase requisitions

Following the above findings, the target system needs to be adapted for the material and supplier decision (2). If the ERP system calculates an overall score for each supplier with the help of a target function, the sustainable criteria with the respective weights are added to the ERP target functions. Concerning the material decision, the target system can, for example, include the requirement not to procure any materials that contain ozone-depleting substances (GRI 305-6). Furthermore, the renewability of materials can be specified as a minimum standard (GRI 301-1). The requirement for recycled materials or reused goods (GRI 301-2 and 301-3) can also be part of the target system. If the target value refers to a share of the procurement quantity, historical data about material decisions must also be available in (3). Minimizing GHG emissions as a target in the materials decision can be integrated into the target system by always preferring material with the lowest scope 3 emissions (GRI 305-3). For increasing the sustainability of the supplier selection process, the GRI indicators should be successively defined as minimum standards in the target system. In the first step, social standards relating to child labor and forced labor (GRI 408-1 and 409-1)

should be introduced, followed by the right to employee representation (GRI 407-1). In the process towards a sustainable supply chain, environmental and social assessment (GRI 407-1, 414-1, and 414-2) should also be part of the target system as qualifying characteristics of a supplier.

The result matrix (4) of the sustainable decision-making process is derived from the decision field and the defined target variables of the target system. The ERP system provides an overview for various suppliers considering the relevant indicators. With appropriate data integration, this step can be automated and includes the selected indicators for the sustainability of the GRI standards and the evaluation of the alternative courses of action. The transfer from preferences from the target system to the result matrix (4) and the resulting decision matrix (5) is done according to the procedure for the other target criteria and preferences. In the ERP system the best supplier according to the given criteria is filled into the respective field of the purchase requisition. The decision matrix contains information on the selected alternative. Specific modifications for achieving sustainability are not necessary here. As a result of the specifications in the target system, the material and supplier decision during the creation of purchase requisitions may result in a different choice than without taking the sustainability indicators into account. However, the decision made can be considered more sustainable.

The creation of purchase requisitions shows exemplarily the integration of sustainability indicators into ERP systems. It reveals that sustainable decision-making requires adjustments in (1) the collection and provision of information and (2) the target system. It is also essential to define indicators that reflect sustainability in the decision-making process on a strategic level (0). For this purpose, we chose the GRI standards, although they do not consider all relevant aspects of sustainability. For example, they do not include indicators for a sustainable purchasing quantity. However, quantity decisions can have a significant impact on sustainability. Small order quantities lead to frequent deliveries and, thus, increased GHG emissions if the means of transport are not GHG neutral. In contrast, large order quantities can lead to material not being used and ultimately destroyed. Therefore, further efforts are required for a sustainable indicator system as complete as possible and yet practical. Figure 7 summarizes for each element, how the twin transition of the supplier selection in the ERP-based creation of purchase requisitions could be achieved. The green elements require actions for the integration of sustainability. The orange elements are to be automated.

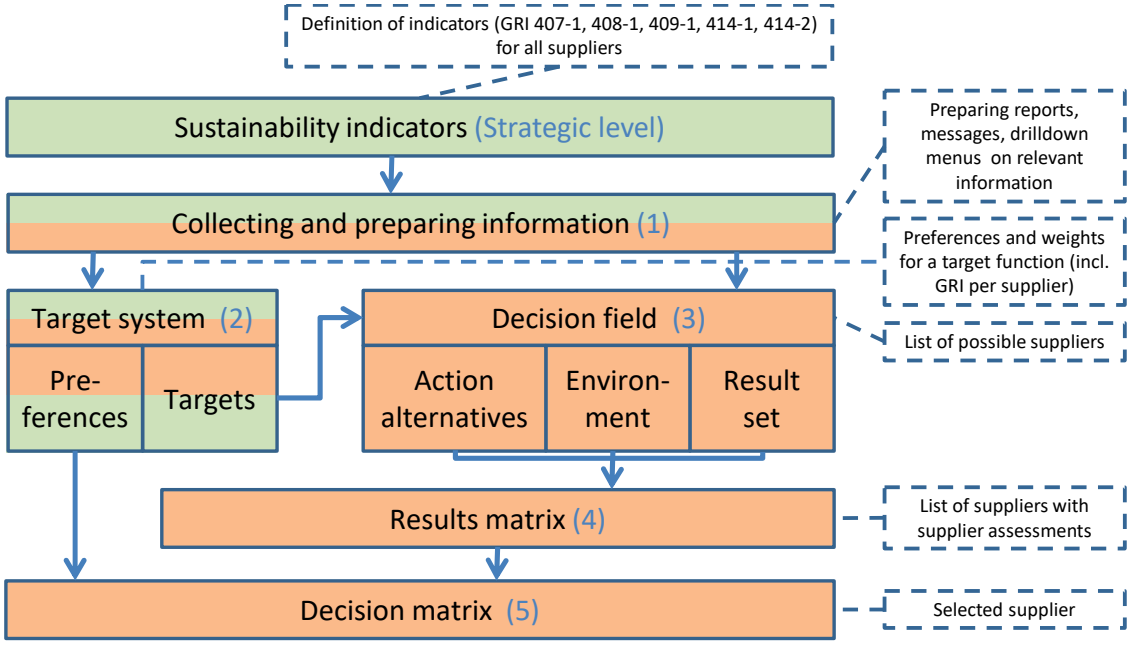


Figure 7: Twin transition of the supplier selection for the creation of purchase requisitions

5 Conclusion

Our research intended to examine the question of how we can integrate sustainability into operational, ERP-based decision processes. To answer this question, we developed the automation and sustainability perspective for the five main elements of the decision model of Sieben and Schildbach (1994). Furthermore, identified two prerequisites for the application of the model:

- It is crucial to define a set of sustainability KPIs before applying the model.
- The relevant Master Data has to be available in the system.

The model is based on a broad literature review in section 2 that mainly addresses the research in the field of S-ERP and sustainable automated decisions. Moreover, we applied our model to the initial supplier selection as part of the creation of the purchase requisition (section 4).

The model describes the relation between decision automation and sustainability. It shows that automation fosters the spread of sustainability. For achieving a sustainable decision, it is crucial to consider predefined (0) sustainability indicators when collecting and providing information and setting up the target system. Afterward, automated decisions incorporate sustainability targets like other targets (for example, costs, quality, etc.). Modifications for elements (3) to (5) are not necessary. For automated decisions, the ERP system automatically executes elements (3) to (5) considering the sustainable targets.

Furthermore, our approach allows the determination of the current automation and sustainability level for a decision and reveals actions to increase the level of the twin

transition. If there are, for example, reports with supplier-specific sustainability indicators available, but not yet considered in the decision, the next step should be to redefine the target system in a sustainable way. Afterward, the KPIs for each supplier should be visible on the screen when making the decision. In the best case, the system automatically decides considering the sustainable targets. Then, the decision matrix should be available for the users.

In the next step, our model should be applied to a specific ERP system to prove its usefulness. Here, it is to be defined how the implementation of each step for an automated, sustainable supplier selection is realized. The model should also be transferred to other decisions in different processes (for example, production-order-related decisions).

Future research is required, to embed the model into the entire business process. Each decision represents just one subprocess or just a task within a business process (for example, in the purchase-to-pay process). Examining all decision tasks of a process allows determining the decision automation and sustainability level of the entire process. Thus, it would be possible to define twin transition potentials not only for a decision but for the whole process and even the company. Following this, a business process maturity model for twin transition would allow a comparison between processes and even companies.

6 Bibliography

Alsaid, L. A. Z. A. (2021): Smart city dynamics and multi-level management accounting: unfolding a case of sustainable enterprise resource planning. In: Sustainability Accounting, Management and Policy Journal.

Ashley, R., Blackwood, D., Butler, D., Davies, J., Jowitt, P. & Smith, H. (2003): Sustainable decision making for the UK water industry. In: Engineering Sustainability. 156 (1), p. 41–49.

Bokolo, A. Jnr. & Mazlina, A. M. (2016): Green IS for Sustainable Decision Making in Software Management. In: JOURNAL OF SOFT COMPUTING AND DECISION SUPPORT SYSTEMS. 3 (3).

Bolis, I., Morioka, S. N. & Sznelwar, L. I. (2017): Are we making decisions in a sustainable way? A comprehensive literature review about rationalities for sustainable development. In: Journal of Cleaner Production. 145, p. 310–322.

Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Retrieved from https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/3d3b15cd92d0261e7a0bcdc8f43b7839/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-nicht-barrierefrei-data.pdf.

Buzacott, J. A., Corsten, H., Gössinger, R. & Schneider, H. M. (2012): Production planning and control. Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Chofreh, A. G., Goni, F. A., Shaharoun, A. M., Ismail, S., & Klemeš, J. J. (2014): Sustainable enterprise resource planning: imperatives and research directions. In: Journal of Cleaner Production. 71, p. 139–147.

Chofreh, A. G., Goni, F. A., Ismail, S., Shaharoun, A. M., Klemeš, J. J. & Zeinalnezhad, M. (2016): A master plan for the implementation of sustainable enterprise resource planning systems (part I): concept and methodology. In: Journal of Cleaner Production. p. 176–182.

Chofreh, A. G., Goni, F. A., Shaharoun, A. M., Ismail, S., & Klemeš, J. J. (2017): Development of a roadmap for Sustainable Enterprise Resource Planning systems implementation (part II). In: Journal of Cleaner Production. 166, p. 425–437.

Chofreh, A. G., Goni, F. A., Shaharoun, A. M., Ismail, S., & Klemeš, J. J. (2018a): A roadmap for Sustainable Enterprise Resource Planning systems implementation (part III). In: Journal of Cleaner Production. 174, p. 1325–1337.

Chofreh, A. G., Goni, F. A., Shaharoun, A. M., Ismail, S., & Klemeš, J. J. (2018b): Sustainable enterprise resource planning systems implementation: A framework development. In: Journal of Cleaner Production. 198, p. 1345–1354.

Chofreh, A. G., Goni, F. A., Shaharoun, A. M., Ismail, S., & Klemeš, J. J. (2018c): Evaluation of a framework for sustainable Enterprise Resource Planning systems implementation. In: Journal of Cleaner Production. 190, p. 778–786.

Chofreh, A. G., Goni, F. A., Klemeš, J. J., Malik, M. N. & Khan, H. H. (2020): Development of guidelines for the implementation of sustainable enterprise resource planning systems. In: Journal of Cleaner Production. 244 (3)

Dong, Y., Miraglia, S., Manzo, S., Georgiadis, S., Danielsen Sørup, H. J., Boriani, E., Hald, T., Thöns, S. & Hauschild, M. Z. (2018): Environmental sustainable decision making – The need and obstacles for integration of LCA into decision analysis. In: Environmental Science and Policy. 87, p. 33–44.

Egilmez, G., Kucukvar, M., Tatari, O. & Bhutta, M. K. S. (2014): Supply chain sustainability assessment of the U.S. food manufacturing sectors: A life cycle-based frontier approach. In: Resources, Conservation and Recycling. 82, p. 8–20.

Elkington, J. (1998): Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of the 21st Century. Stoney Creek, CT.

European Commission (2019): EUR-Lex – 52019DC0640 – EN. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN.

Fajriani, M., Ridwan, A. Y., & Saputra, M. (2020): Designing Green Procurement based on ERP for Leather Tanning Industry. In: International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT). 8, p. 1–5.

Ferstl, O. K. & Sinz, E. J. (1998): SOM modeling of business systems. In: Handbook on Architectures of Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 339–358.

Ferstl, O. K. & Sinz, E. J. (2013). Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. Walter De Gruyter GmbH.

Fox, M., Tost, L. P. & Wade-Benzoni, K. A. (2015). The Legacy Motive: A Catalyst for Sustainable Decision Making in Organizations, Business Ethics Quarterly. 20, p. 153–185.

GRI (2022): GRI. Retrieved from https://www.globalreporting.org/.

Harmon, R., Demirkan, H., Auseklis, N. & Reinoso, M. (2010): From green computing to sustainable IT: Developing a sustainable service orientation. In: 43rd Hawaii International Conference on System Sciences, p. 1–10.

He, Y., Wang, X., Lin, Y., Zhou, F. & Zhou, L. (2017): Sustainable decision making for joint distribution center location choice. In: Transportation Research Part D: Transport and Environment. 55, p. 202–216.

Hersh, M. A. (1999). Sustainable decision making: the role of decision support systems. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews. 29 (3), p. 395–408.

Huang, S. Y., Chiu, A. A., Chao, P. C. & Arniati, A. (2019): Critical success factors in implementing enterprise resource planning systems for sustainable corporations. In: Sustainability. 11 (23), 6785.

Hung, M. L., Ma, H. W. & Yang, W. F. (2007): A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management. In: Waste Management. 27 (2), p. 209–219.

Ibrahim, I., Jamil, N. A., & Halin, I. A. (2018): Green Enterprise Resource Planning and Green Logistics Performance. In: The SIJ Transactions on Industrial, Financial & Business Management. 6 (1), p. 1–6.

Kandananond, K. (2014): A roadmap to green supply chain system through enterprise resource planning (ERP) implementation. In: Procedia Engineering. 69, p. 377–382.

Kurbel, K. E. (2013): Enterprise resource planning and supply chain management. Functions, Business Processes and Software for Manufacturing Companies. In: Progress in IS. Springer, Dordrecht.

Loeser, F. (2013): Green IT and Green IS: Definition of constructs and overview of current practices.

Milne, M. J. & Gray, R. (2013): W(h)ither Ecology? The Triple Bottom Line, the Global Reporting Initiative, and Corporate Sustainability Reporting. In: Journal of Business Ethics. 118, p. 13–29.

Mmeah, S., Baah, B. & Akpan, A. G. (2018): Assessing the Influence of Green Computing Practices on Sustainable IT Services. In: International Journal of Computer Applications Technology and Research. 7 (10), p. 390–397.

Murugesan, S. (2008): Harnessing Green IT: Principles and practices. In: IT professional. 10 (1), p. 24–33.

Penadés-Plà, V., García-Segura, T., Martí, J. V. & Yepes, V. (2016): A Review of Multi-Criteria Decision-Making Methods Applied to the Sustainable Bridge Design. In: Sustainability. 8 (12), 1295.

Rat für nachhaltige Entwicklung (2020): Leitfaden zum Deutschen Nachhaltigkeitskodex. Retrieved from https://www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de/de-DE/Documents/PDFs/Sustainability-Code/Leitfaden-zum-Deutschen-Nachhaltigkeitskodex.aspx.

Sieben, G. & Schildbach, T. (1994): Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. Werner.

Slaman, M. & Haddara, M. (2019). How green can the lettuce be? A case study on greening initiatives in supply chains and sustainable ERP systems. In: Procedia Computer Science. 164, p. 79–85.

Soprakan, C. & Kiattisin, S. (2021). Impact of Disruptive Technology on Sustainable Enterprise Resource Planning (S-ERP). In: Journal of Mobile Multimedia, p. 749–772.

Statistisches Bundesamt (2021): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Retrieved from https://www.destatis.de/error_path/400.html?al_req_id=YiCTPWL@7CVbeI5uFfLSjQAAAMY.

United Nations (2014): The Road to Dignity by 2030: Ending Poverty, Transforming All Lives and Protecting the Planet. Retrieved from https://www.un.org/disabilities/documents/reports/SG_Synthesis_Report_Road_to_Dignity_by_2030.pdf.

Ursacescu, M., Popescu, D., & Smeureanu, I. (2019): Assessing the Greenness of Enterprise Resource Planning Systems through Green IT Solutions: A Romanian Perspective. In: Sustainability. 11 (16), p. 4472.

Whitelock, V. G. (2020): A Hands-On Simulation to Teach Cash-to-Cash Manufacturing Operating Cycle Processes in a Purchasing, Operations, and Supply Chain Management Context. In: Journal of Information Systems Education. 31 (1), p. 12–39.

Woods, M. (2003): The global reporting initiative. In: The CPA Journal. 73, 50.

World Commission on Environment and Development (1987): Our common future. Oxford.

Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Vilutiene, T. & Adeli, H. (2018): Sustainable Decision-Making in Civil Engineering, Construction and Building Technology. In: Sustainabilty. 10 (1), 14.

Zvezdov, D. & Hack, S. (2016): Carbon footprinting of large product portfolios. Extending the use of Enterprise Resource Planning systems to carbon information management. In: Journal of Cleaner Production. 135, p. 1267–1275.

Sustainable Design Process to achieve Sustainable Logistics: Opportunities offered by Business Analytics

Sahana Narasimhamoorthy

Product Manager at numa, sahana.narasimhamoorthy@numastays.com

Dr. Bernd Knobloch

Professor of Business Intelligence, Faculty Business and Engineering, University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt (FHWS), bernd.knobloch@fhws.de

1 Corporate Sustainability & Business Analytics 162

2 Sustainability Design Process 167

3 Conclusion and Recommendations 178

4 Appendix 179

5 Bibliography 181

Abstract:

Logistics is a rapidly expanding industry, and mobility is critical to our way of life. At the same time, there are several environmental, societal, and economic implications associated with logistics transportation, including pollution, noise, and the use of urban space for transportation infrastructure. Business analytics solutions may help firms with logistics operations achieve these targets, while keeping costs down and positively impacting the society. However, many corporations haven't ventured into business analytics to achieve sustainability. The main reasons are the need to customize analytics solutions for each business problem as well as the lack of a viable, coherent process model closing the loop between sustainability objectives and analytical questions, metrics, and tools. This paper introduces a functional framework for sustainability analytics, which can be implemented in any corporation, making the planning, controlling, and measuring of sustainable development easier. The resulting business analytics blueprint, called as "Sustainability Design Process", is suitable to effectively implement sustainable logistics using business analytics approaches such that there is a balance between economic, environmental, and societal factors.

JEL Classification: L21, L91, M11, M14, O31, Q56. Keywords: Corporate sustainability, Sustainable logistics, Triple Bottom Line, Business analytics

1 Corporate Sustainability & Business Analytics

Sustainability is a broad topic that is one of the most highly used catchwords of the past two decades (Scoones, 2007, p. 589; Reis, 2021). The United Nations General Assembly developed the Sustainable Development Goals (SDGs) as a framework for achieving a sustainable future.

According to this set of goals, sustainability should be implemented by every corporation, as it is beneficial for both the businesses as well as society. Earlier, a few businesses pursued sustainability since it was beneficial for their brand image and seemed like the "right thing to do". However, eventually, companies discovered that sustainability was a perfect way to cut down operating costs and protect themselves from resource shortages and price shocks (Deloitte, 2012, p. 3).

According to some researchers (e.g., Hart & Dowell, 2011; Hart & Milstein, 2003), the concept of corporate sustainability is hard to comprehend. This is mainly because there is an ambiguity regarding the scope of the concept. By reviewing various pieces of literature (e.g., Marshall & Brown, 2005; Hall & Vredenburg, 2003; Bansal, 2005), it can be observed that some consider only environmental issues of corporate sustainability, some examine social and economic factors while others consider all three aspects (planet, people, profit). Therefore, Montiel et al. (2014) suggested to best consider the Triple Bottom Line (TBL; environmental, social, and economic aspects) for achieving corporate sustainability as shown in figure 1.



Figure 1: The triple bottom line framework of Sustainability, adapted from Kisacik (2017)

In our digital era, data-driven processes based on big data and data analytics foster the growth of businesses. On the path towards the achievement of corporate sustainability, business management concepts such as business intelligence (BI) and business analytics (BA) can play an important role. Companies will gain the deep insights

they need to direct their sustainability-related initiatives and increase their overall resource efficiency by gathering and analyzing data on a broad variety of sustainability-related factors, such as energy and resource usage, greenhouse gas emissions, and supply chain efficiency.

1.1 Sustainability and Logistics

Over the last few years, the logistics industry has become much more environmentally conscious. Due to the multiple environmental implications touching practically every individual, logistics – particularly freight transport – has gained a lot of attention in the sustainability debate in recent years. As a result, players in logistics processes have been pushed to address the issue of sustainability (Macharis et al., 2014). Without appropriate intervention, rising demand for e-commerce delivery alone would result in 36 percent more delivery vehicles in inner cities by 2030, leading to an increase in both emissions and traffic congestion (World Economic Forum, 2020).

Some strategies provided by Ilgar (2021) to increase sustainability within logistics operations include:

- **Creating a data-driven end-to-end process**: Using the most recent technological breakthroughs, this aids firms in route optimization, supply chain management, and energy-efficient operations.
- **Pop-up warehouses**: As ecommerce's last-mile delivery emissions rise, logistics companies are under pressure to discover ways to minimize their carbon footprints, which is one of the main indicators of sustainable supply chain logistics. Setting up a pop-up warehouse brings businesses closer to their consumers, lowering last-mile emissions. It aids firms in reducing delivery times and costs, as well as providing greater flexibility in addressing supply chain crises.
- **Advanced fuel technologies**: Using lower carbon fuels such as biofuel instead of fossil fuels and replacing ageing trucks with environmentally friendly vehicles are examples of actions done to achieve ecological and social sustainability goals. On the market, there is a diverse choice of environmentally friendly products that challenge old practices. Green alternatives include sea shipping, environmentally efficient train solutions, and hybrid or electric automobiles.

Whereas these strategies are convincing, one question remains, namely, how to systematically develop them and how to evaluate their impact on sustainability.

1.2 Sustainability Balanced Scorecard

One of the most relevant strategic systems that has recently been considered by researchers (e.g., Hristov & Chirico, 2019; Dočekalová & Kocmanová, 2016) is the Sustainability Balanced Scorecard (SBSC). This tool helps to transform strategies

into business goals and provides specific Key Performance Indicators (KPIs). SBSC has been known to help corporations regarding implementing sustainability initiatives effectively. In the balanced scorecard (BSC) approach, four key perspectives are considered, namely 1) the financial perspective, 2) the customer perspective, 3) the internal process perspective, and 4) the learning and growth perspective. The purpose of a BSC is to assign the strategic objectives within these four perspectives such that the financial aspect of a corporation is no longer the sole determinant for competitive advantage (Figge et al., 2002, pp. 270–271). According to Möller & Schaltegger (2005), the term *balanced* in the BSC is considered as the balance between external measures (shareholders and customers) and internal measures (business processes and innovation), and the same ideology has been adapted in SBSC with the inclusion of sustainability initiatives. According to Figge et al. (2002), three major steps must be followed to formulate a SBSC as illustrated in figure 2. The implementation of SBSC brings structure to the sustainability strategy, makes communication easier and facilitates better alignment of sustainability goals with the different levels of the company.

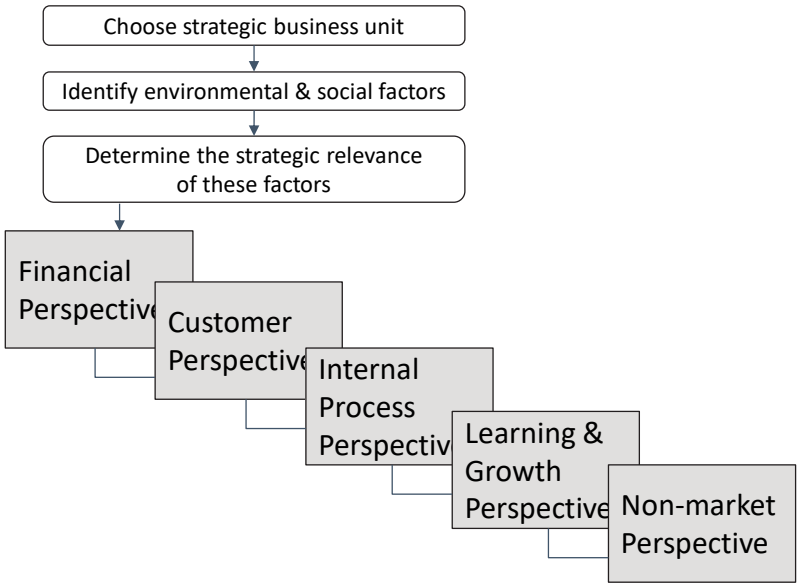


Figure 2: The process of formulating an SBSC, adapted from Figge et al. (2002)

1.3 Business Analytics to improve Corporate Sustainability

A strong business intelligence system gives decision-makers the right information at the right time and in the right place, allowing them to make better business decisions. Data warehousing optimization, reporting, dashboards, customer analysis, and predictive maintenance are the top 5 strategic initiatives carried out with business intelligence and business analytics (BI/BA) tools (Columbus, 2017). However, most corporations haven't ventured into sustainability in business analytics, since only 25% of the firms have integrated sustainability in their business model according to the BCG/MIT survey (Haanaes, 2016). Out of this 25% of corporations, many find it

time-consuming and overly complicated to utilize analytics because it needs to be customized for each business problem. To leverage business analytics for corporate sustainability, a business analytics framework is necessary to be developed which can be effortlessly incorporated in any organization.

The basic Design Science Research (DSR) process, which is an approach to develop research, can be integrated with BI/BA framework, as illustrated in figure 3, which can be used to provide a process for achieving business-specific research (Muntean et al., 2021, pp. 8–9).

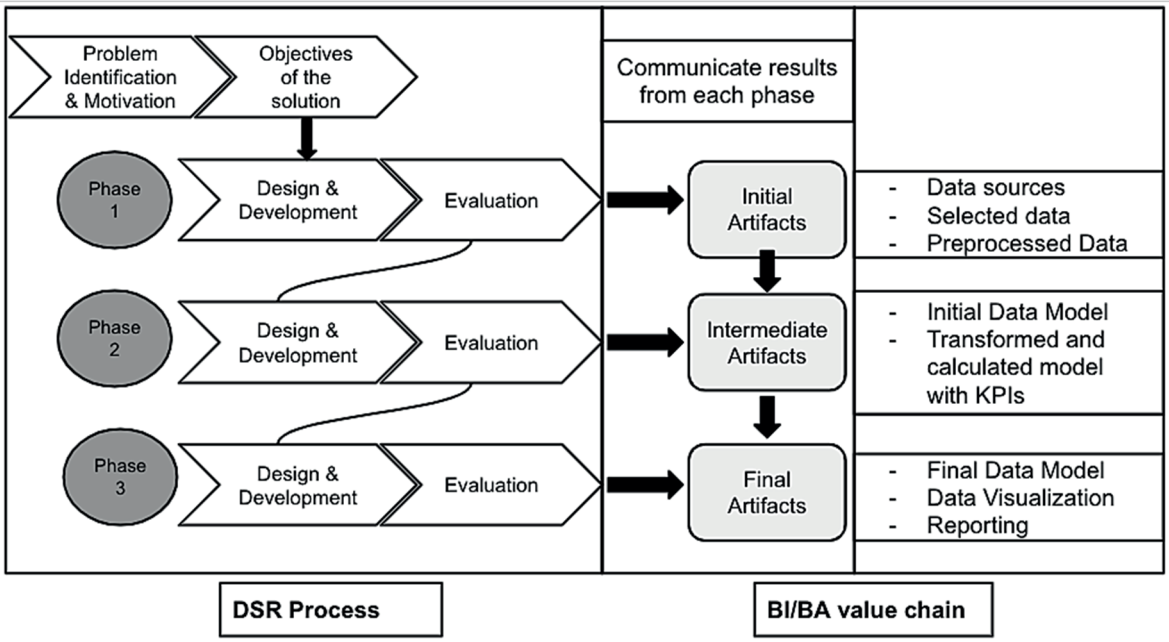


Figure 3: Developing BI/BA framework through DSR process, adapted from Muntean et al. (2021)

This process can also be integrated with BA framework and tools, which is known to be less time consuming with the provision of descriptive and prescriptive research analysis. But the process usage in BA remains unclear (cf. Knobloch, 2018, pp. 3f.) since there is no explicit case study or use-cases based on this theory in BA, which could be a scope for future research. There has been no use-cases defining the implementation of DSR framework for sustainability analysis. Moreover, this approach starts with data sources instead of business problems or business questions, leaving a lot of uncertainty with the business analysts to handle.

1.4 Corporate Sustainability Measurement Network

To successfully synchronize SBSC and sustainability strategy concerns, Oliveira et al. (2012) proposed the Matrix of Sustainability Strategic Alignment, which allows for true integration between sustainability strategy spread through the sustainability pillars/TBL and SBSC perspectives. Furthermore, for making business decisions, the weightage of sustainability concerns can be carried out using the Analytic Hierarchy Process (AHP) by the decision-makers, developed by Prof. Thomas L. Saaty. This

method, generally used for project prioritization and selection by organizations, is also an effective selection criterion for establishing sustainability initiatives (Medel-González et al., 2016, p. 532). The AHP model, used for multi-criteria decision analysis, is structured in a hierarchy with Goals, Criteria and Alternatives as illustrated in figure 4 (Karami, 2006, p. 103).

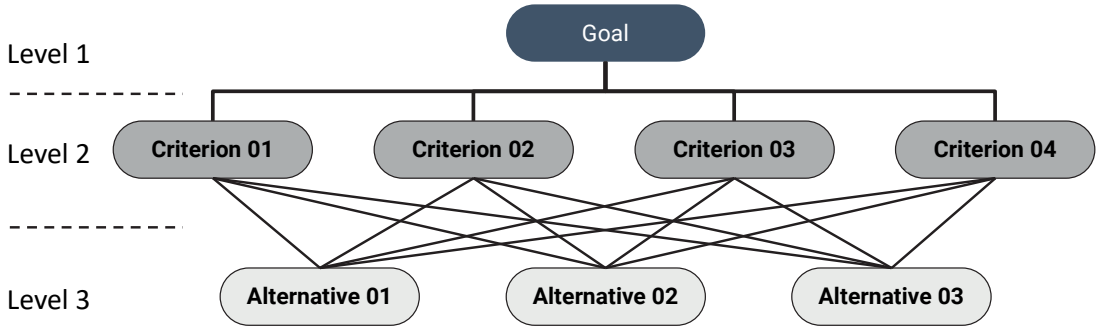


Figure 4: Analytic Hierarchy Process Model for project prioritization, adapted from Karami (2006)

This model is transformed into a network, called the Analytic Network Process (ANP), to model complex decision problems in a more generalized form. The combination of all these tools and techniques helps build the Corporate Sustainability Measurement Network (CSMN) which consists of four key levels as illustrated in figure 5 (Medel-González et al., 2016, p. 532).

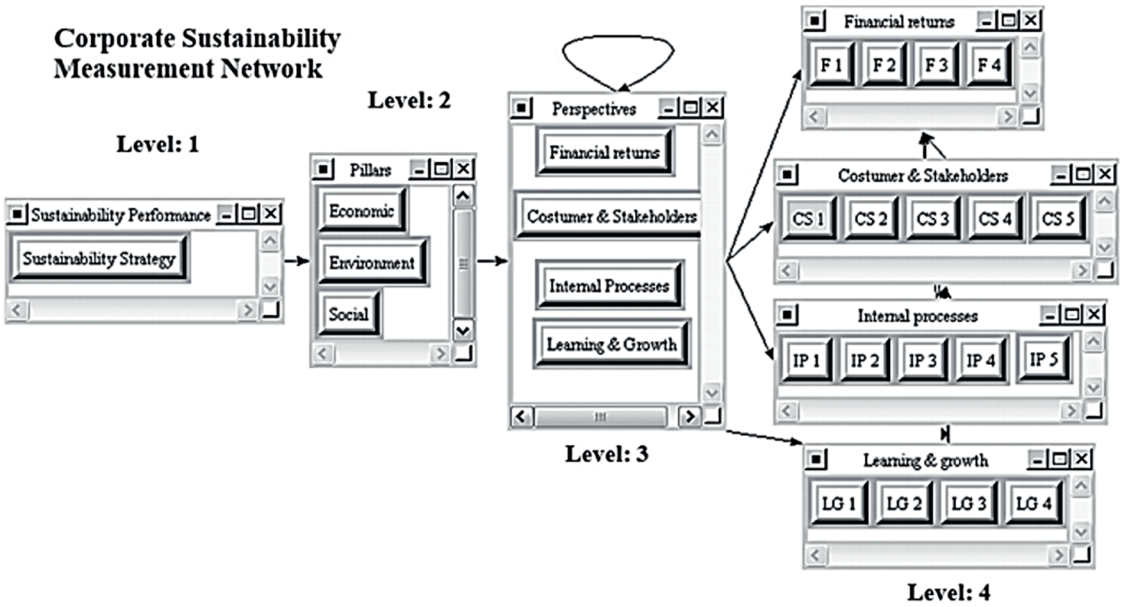


Figure 5: CSMN (Medel-González et al., 2016)

Overall, the CSMN is a valuable approach used to measure indicators and identify impediments in the business approach for a corporation to become more sustainable. Though it is an effective approach, it has not been implemented in BA/BI solutions or models. As a consequence, many organizations aiming to achieve corporate sustainability find it hard to implement data analytics approaches for this purpose. The

difficulties encountered are mainly related with the handling of large volumes of data, the challenges of analytics tools, and the implementation of ambiguous architectures and frameworks (Yaglewad, 2020).

It can hence be observed that a sustainability-oriented analytics blueprint is required describing how to support corporate sustainability initiatives by systematic business analytics. This motivates research on the topic **"Sustainability Design Process"**. The aim is to provide a business-specific, functional analytics framework which can be effectively implemented in any corporation, making sustainable development easier by acquiring accurate insights regarding sustainability-related factors.

2 Sustainability Design Process

A BI/BA blueprint called as "Sustainability Design Process" (SDP) has been developed which provides a process for achieving business-specific analysis (Narasimhamoorthy, 2021). This process rests upon the Design Science Research (DSR) approach, the Plan-do-check-act (PDCA) cycle, which is a design and management method for continuous improvement of business processes, and the Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) strategy, which is a data-driven quality strategy to improve business processes. The Sustainability Design Process has been laid out in figure 6.

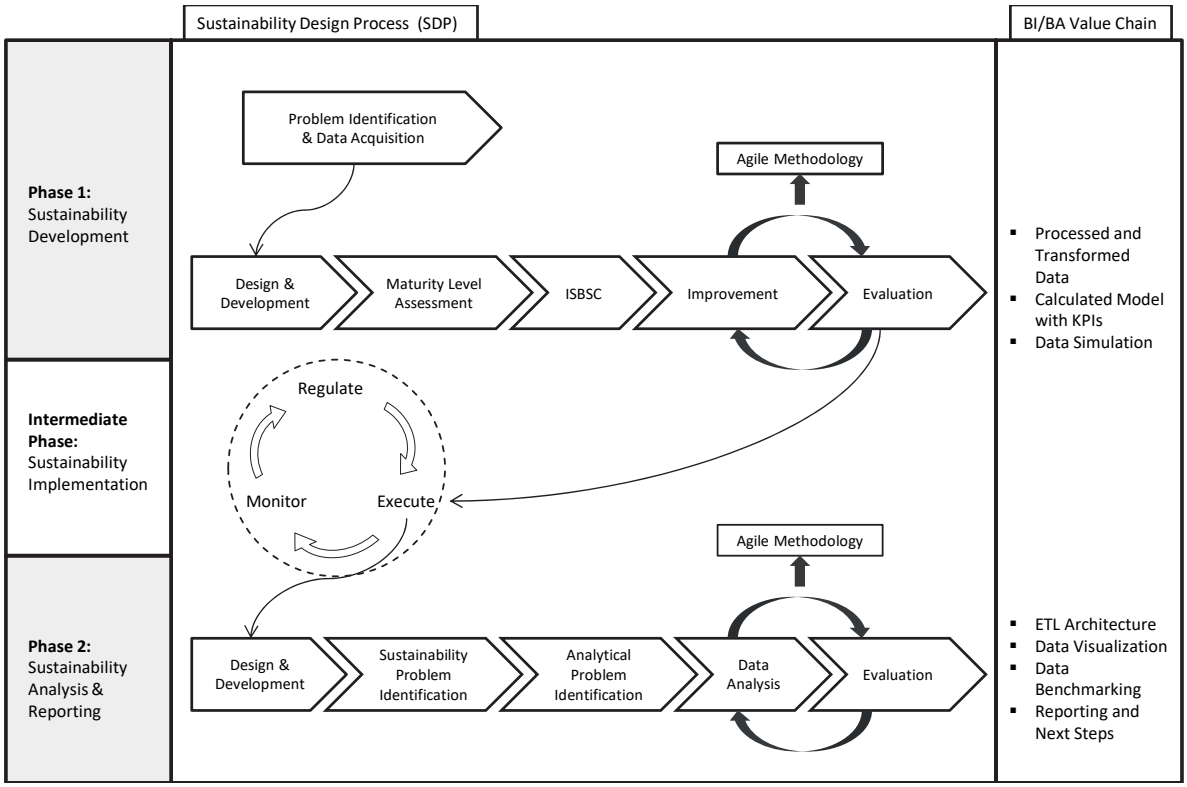


Figure 6: Sustainability Design Process for achieving Corporate Sustainability, adapted from Narasimhamoorthy (2021, p. 50)

This process has been separated into three phases: 1) Phase 1: Sustainability Development, 2) Intermediate phase: Sustainability Implementation, and 3) Phase 2: Sustainability Analysis and Reporting. The two main phases are data- or analytics-oriented, whereas the intermediate phase is about effectively implementing changes.

The following use-case on logistics industry has been considered to elaborate on the Sustainability Design Process and its phases:

"How can a data-driven logistics company that follows basic sustainability practices effectively implement sustainable logistics?"

2.1 Initial Considerations

Before proceeding with sustainability development and analysis, the following must be developed as a prerequisite for systematic development of sustainability initiatives:

Corporate Sustainability Measurement Databank

A databank of Corporate Sustainability (CS) measurements is created with appropriate indicators and indices based on the type of industry and organizational growth. This is developed to directly get data on government regulations on sustainable operations. These indicators can be taken from sources such as GRI, DJSI, Global Compact etc., and can be stored in a data warehouse as depicted in figure 7. Alternatively, the measurements databank might also be provided by public authorities, NGOs, or consultancy companies.

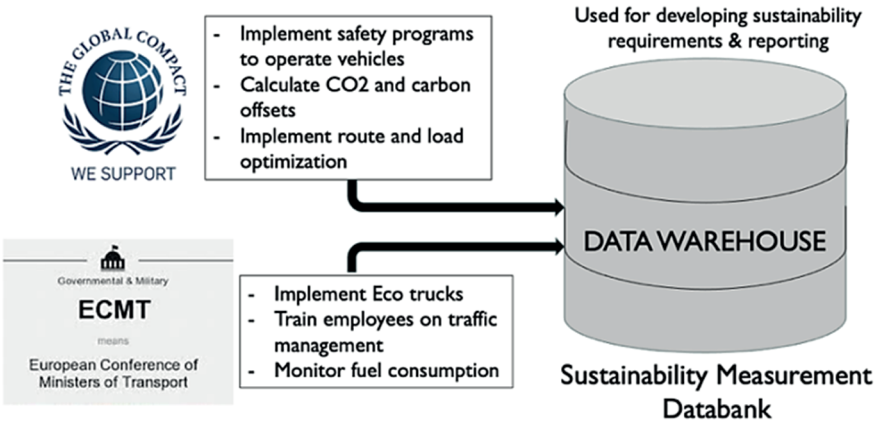


Figure 7: Creating a Sustainability Measurements Databank

5-Level Maturity Model

A 5-level maturity model has been developed as shown in table 1, to calculate the current level of maturity, based on sustainability integration in the organization. Maturity level analyses are carried out to identify the imbalances between steps to achieve in each maturity level (parameters) and to avoid these imbalances, it must all be brought to a single level. When all parameters are equal, a strategy is developed

to advance to the next maturity level. The evaluation to understand the current organization's degree of implementing sustainability based on KPIs is carried out through sustainability assessment using the developed databank of sustainability measurement index described above.

Maturity Levels	Description
Level 1: Novice	Classifies companies that are not aware of sustainability implementation but are planning on following sustainability practices.
Level 2: Advanced Beginner	Classifies companies that know the advantages of Corporate Sustainability, have worked on projects and are aiming to achieve Corporate Sustainability.
Level 3: Competent	Classifies sustainability-certified companies that are going beyond compliance. However, they still have some organizational issues in monitoring Sustainability KPIs and restructuring value creation.
Level 4: Proficient	Classifies companies that have obtained recognition for Corporate Sustainability initiatives and have integrated sustainability in business models.
Level 5: Expert	Classifies data-driven companies that have obtained recognition in competing against other organizations on Corporate Sustainability, creating significant impact to the Triple Bottom-Line and promoting sustainability sincerely.

Table 1: Five Improved Levels of Maturity in Corporate Sustainability

2.2 Sustainability Development (Phase 1)

In this phase, corporate sustainability problems are identified and steps to implement sustainability goals by assessing the current level of maturity, formulating KPIs, and developing a strategy map are defined using BI/BA.

Problem Identification and Data Acquisition

As a first step, the sustainability problem is identified, and data about the problem identified are collected and loaded into an analytics tool. A sustainability problem is an undesirable state of the business related to sustainability concerns which the corporation wants to improve on (cf. Knobloch, 2018, pp. 131f.). Business problems like this can best be communicated by utilizing the Entity-Attribute-Modifier schema (Knobloch 2018, pp. 141f.). An entity is considered as the class of objects that is being mastered, for example, a group of people, a group of vehicles, or a type of products. But in this case, it is majorly on an instance level such as business process or business unit. An attribute describes an entity and is considered as a characteristic of an entity type (IBM Corporation, 2021), such as employees' health status, the fleet's CO2 emissions, or a product's carbon footprint. Modifiers are specific keywords that describe how the attributes should be modified. This includes keywords such as increase, improve, reduce, decrease, generate, establish, eliminate, cancel.

In this phase of SDP, the Entity-Attribute-Modifier schema can be utilized to describe sustainability goals with respect to the maturity model, as illustrated in figure 8. If

Logistics company would want to establish a competent level in corporate sustainability in the production department, then "production logistics" will be taken as the entity, "competent" would be the attribute, and "establish" would be the modifier.

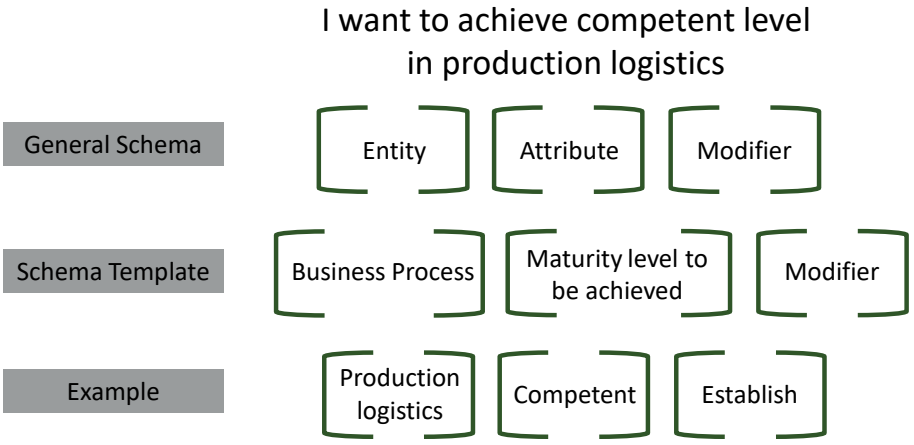


Figure 8: Entity-Attribute-Modifier schema with examples

Design and Development

In the second step, the existing data available on the chosen entity must be loaded into the analytics tool to design and develop the current maturity level assessment of the entity. For establishing corporate sustainability, the existing/available data that are to be analyzed are:

- **Government regulations:** The existing government regulations relevant for the chosen entity (i.e., production logistics) must be considered as a dataset. The existing government regulation taken under consideration for the production department will be added to the production department's BI system which can be further cleansed or filtered according to the organization's needs. Precisely, the existing regulations stated and considered for the production department are a) to maintain the equivalent of carbon dioxide (CO2e) < 10kg, b) the labors have the right to equal remunerations, and c) to provide regular training programs to support the staffers. These are to be considered as the dataset for maturity level assessment.
- **IoT Sensor data:** The existing IoT sensor data (e.g., carbon emissions data that are collected via sensors in the production department) based on the chosen entity must be considered as a dataset and fed into the analytics database. For example, the existing sensor data collected in the production department are CO2 emissions and fuel consumption rate data which must be taken into consideration and fed into a data warehouse/data mart. In other contexts, instead of sensor data, transaction data from business process execution might be helpful here.

- **Stakeholder data:** The existing data on stakeholder (customers, employees, society etc.) satisfaction due to sustainability initiatives and the support provided by them for implementing corporate sustainability based on production logistics must be considered as a dataset and fed into the database. An example is the rate of customer satisfaction due to Corporate Sustainability (CS) initiatives.
- **Formulated KPIs:** The existing set of KPIs formulated specifically for production department must be considered as a dataset and fed into the data warehouse/data mart.

Maturity Level Assessment

In the third step, the current maturity level is measured by utilizing the data collected or stored in the chosen entity's DWH/data mart (e.g., in the production data mart). Based on the assessment, a recommendation is notified in BA software as illustrated in figure 9. Here, two examples have been provided regarding how the recommendation could look like based on the maturity level assessment.

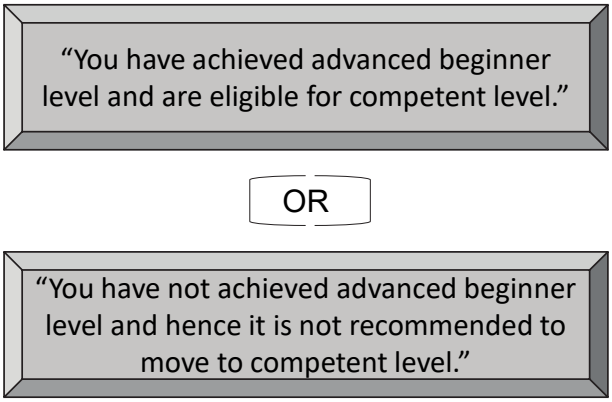


Figure 9: Notification in BA software based on maturity level assessment

Overall, this process helps the organization to measure their current maturity level on sustainability initiatives, based on which the KPIs for the implementation of corporate sustainability could be formulated.

Improved Sustainability Balanced Scorecard (ISBSC)

After the maturity level assessment for establishing corporate sustainability, a set of KPIs are to be formulated, selected, and segmented with equal weightage criteria. The list for selecting KPIs will be provided by the software, as illustrated in figure 10 with an example of logistics industry, based on the sustainability problem, current maturity level on corporate sustainable development and CS measurement databank.

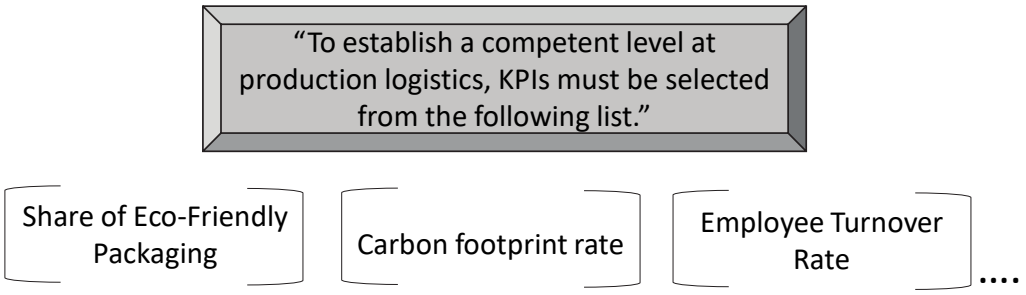


Figure 10: Example of a KPI generation list according to maturity level assessment and problem specification

After the selection of KPIs, they are segmented based on the perspectives defined for each sustainability pillar to develop an improved sustainability balanced scorecard (ISBSC). Considering all the defined KPIs are on the same level of granularity, each perspective will contain an equal number of KPIs (to provide a balanced scorecard with equal weightage). If they do not provide equal number of KPIs, a weightage criteria method can be utilized to consider high priority KPIs based on some factors such as resource availability, cost of implementation, impact to the environment etc.

In our example, the perspectives considered are "Employee retention and satisfaction perspective", "Financial perspective", "Management Perspective", "Competitive perspective", "Internal Process perspective", "Stakeholder perspective" and "Learning and Growth perspective". The sustainability pillars considered are "Environmental", "Economic", "Social", "Socio-environmental", "Eco-Social" and "Eco-Environmental" aspects (called sustainability attributes). In the example provided in figure 11, for the ease of understanding, the perspectives have not been considered, only the sustainability pillars are shown.

Attributes/ KPIs	Environment	Economic	Social
List of all selected KPIs	Share of Eco-Friendly Packaging	Operating expense ratio	Employee absence rate
	Renewable energy rate	Social return on investment	Rate of stakeholder engagement
	Carbon footprint rate	Job offer acceptance rate	Training and education rate
	% of environmental reporting		Employee Turnover Rate
			Diversity & Opportunity rate

Figure 11: Example of segmenting KPIs based on sustainability pillars

It can be observed that after the selected KPIs have been segmented, they have not been equally weighted (i.e., from the environmental attribute, there is an additional KPI and from social attribute there are two additional KPIs). To eliminate this inequality, a pair-wise comparison matrix can be employed using a scale of relative importance as depicted in figures 12 and 13. This is executed according to Analytic Hierarchy Process (AHP).

Figure 12 depicts the pair-wise comparison matrix for the criteria such as "impact on the environment", "resources required", "cost of implementation" etc. From this, the most important and least important criteria can be ranked based on the developed criteria weights.

Goal	Impact on the environment (Criterion 1)	Resources Required (Criterion 2)	Cost of Implementation (Criterion 3)	Criteria Weights
Criterion 1	1	3	5	0.6038
Criterion 2	1/3	1	2	0.1365
Criterion 3	1/5	1/2	1	0.1958

IMPORTANCE

1 – Equal
3 – Moderate
5 – Strong
7 – Very strong
9 – Extreme
2,4,6,8 – Intermediate values
1/3,1/5,1/7,1/9 – Values for inverse comparison

Figure 12: Pair-wise comparison matrix of defined sustainability criteria according to AHP

In figure 13, a pair-wise comparison matrix for the environmental KPIs have been depicted. From this, the importance level is ranked based on the developed criteria weights.

Goal	% of environmental reporting	Carbon footprint rate	Operating expense ratio	Share of Eco-Friendly Packaging	Criteria Weights
% of environmental reporting	1	2	5	6	0.597
Carbon footprint rate	1/2	1	2	1/5	0.276
Operating expense ratio	1/5	1/2	1	2	0.195
Share of Eco-Friendly Packaging	1/2	1/7	2	1	0.128

IMPORTANCE

1 – Equal
3 – Moderate
5 – Strong
7 – Very strong
9 – Extreme
2,4,6,8 – Intermediate values
1/3,1/5,1/7,1/9 – Values for inverse comparison

Figure 13: Pair-wise comparison matrix of defined environmental KPIs according to AHP

Overall, a decision matrix is developed which depicts each KPI against all the defined criteria. Using AHP method, the priority values are calculated and the KPIs are ranked. Based on this, the high priority KPIs are included to segment these KPIs against sustainability pillars.

Improvement

Based on the maturity level assessment and KPI formulation, government regulation, IoT sensors and stakeholder data must be selected to improve the corporate sustainability initiatives. This appears as a drag and drop selection in the analytics tool as illustrated in figure 14 to select IoT sensor requirements.

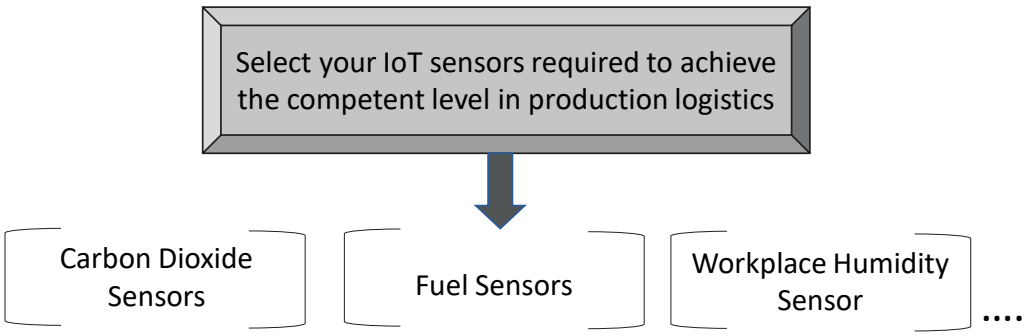


Figure 14: Example of a drag and drop selection of IoT sensors

Evaluation

After the selection of required data to execute and monitor corporate sustainability, they must be simulated to mirror real-world production site conditions based on the formulated KPIs and the selected improvisation methods. This is executed to validate the model and to determine potential actions that could cause challenges during the real execution process.

For example, if the goal is to send notifications when fuel consumption > planned consumption, on simulation, we validate and test this case to ensure potential risks are analyzed.

2.3 Sustainability Implementation (Intermediate Phase)

During the implementation phase, the designed goals and improvisations are executed in the production department by incorporating IoT sensors, labor practices, government regulations, and methods to reduce costs. These are regularly monitored, and if errors occur such as increase in machine temperature in the production department, or any modifications are to be made, they are regulated and modified accordingly. This cycle continues till the organization/the members of the production department move(s) to phase 2 for the purpose of analysis and final evaluation.

2.4 Sustainability Analysis and Reporting (Phase 2)

In the second phase, the data generated through IoT sensors, stakeholder surveys, social media, defined regulations followed and other KPIs will be extracted, transformed, and loaded. Under this segment, a Sustainability Multidimensional Data Model (SMDM) is developed to understand the level of detail considered to analyze corporate sustainability. In addition to which, sustainability problem and analytical problem are identified to define the goals easily and clearly for the purpose of analysis. Furthermore, the structure of a potential dashboard to visualize corporate sustainability is developed and the analytics components used for determining the organization's success level or their performance for elucidated. Finally, the informed data on sustainability initiatives, data benchmarking and success rate are reported and visualized.

Design and Development

As a first step, the relevant data as described above will be extracted, transformed, and loaded into an analytical database or BI system.

For example, considering CO2 sensor dataset from the production department, these data are selected and retrieved from the source system (i.e., IoT sensor database). The retrieved data are cleansed (by removing syntactical and semantical defects, and the overall data quality is assessed – removing rows with null values for "carbon index" considering it as a mandatory column), harmonized (by determining appropriate level of granularity and aligning the data according to business figures – having a common measurement value for carbon emission by using kg instead of ppm or metric tons) and aggregated (by consolidating the harmonized data on different levels). These are finally loaded into the production data mart.

In the next step, a Multidimensional Data Model is designed to enable data to be viewed and analyzed in multiple dimensions. An example of possible "Drill-down" & "Roll-up" operation used to determine detailed information about the environmental KPI "Carbon Index" has been illustrated in figure 15. This is used to navigate through hierarchical dimensions of sustainability data.

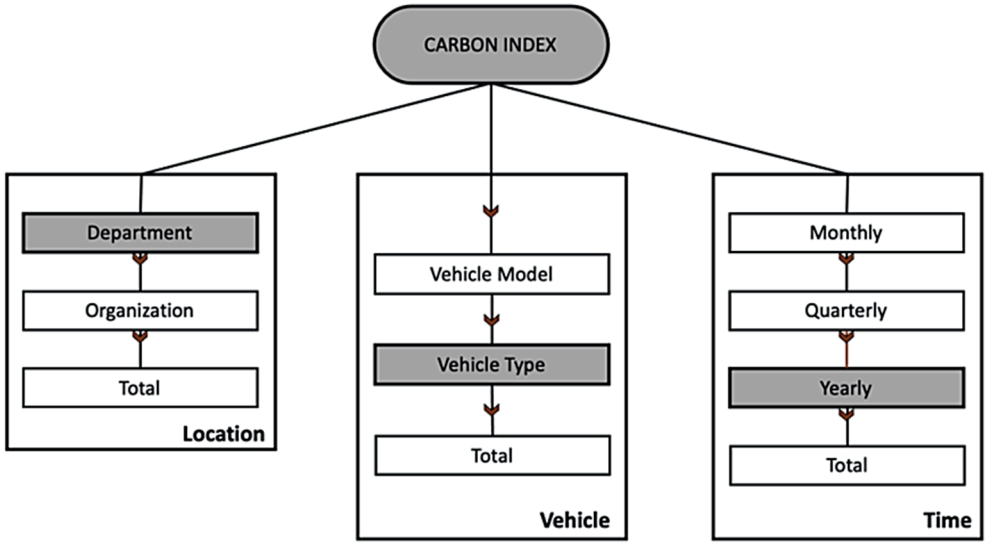


Figure 15: "Drill-down" & "Roll-up" options in a multidimensional model to investigate "Carbon Index" dependencies, following SDWM notation according to Böhnlein (2001, pp. 257ff.)

Sustainability Problem Specification

After defining a multidimensional model and implementing it in the analytics tool, for the users to access and analyze the required data according to their problem specification, a sustainability problem must be identified and operationalized. To attain this, the Entity-Attribute-Modifier schema introduced above can be utilized. In this phase, the sustainability problem does not refer to the maturity level, but describes a more specific undesired sustainability condition, and how this situation should be changed. If for instance the manager of production department wants to check the increment in the utilization of eco-friendly packaging, then "Entity" = "Production", "Attribute" = "Eco-friendly packaging", and "Modifier" = "Increase", as illustrated in figure 16.

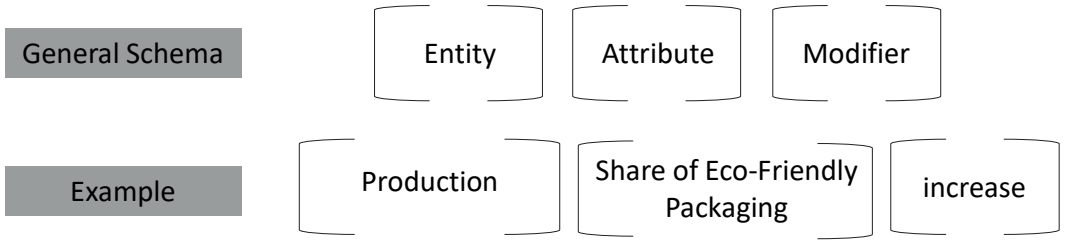


Figure 16: Entity-Attribute-Modifier schema to define specific sustainability conditions

Analytical Problem Specification

Once the basic sustainability problem has been defined, one or more analytical problems must be specified to understand and analyze the sustainability problem and to derive solution options. This can be supported by formulating questions following the SMART (Specific, Measurable, Achievable, Realistic and Timely) goals ap-

proach. This helps to easily define information requirements and attain what the analyst is looking for. For example, if the manager of "ABC chain" organization wants to view the performance related to eco-friendly packaging that provide less carbon index with high sales rate, then the following might be formulated as analytical question as illustrated in figure 17. The analytical problem is basically an operationalization (translation) of the sustainability problem into empirical variables, metrics, and filters (Knobloch, 2018, pp. 145ff).

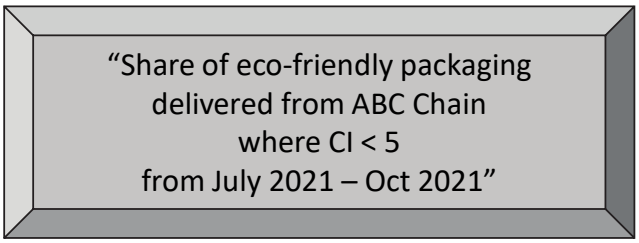


Figure 17: An analytical question following SMART goals to specify information requirements

Data Analysis and Evaluation

In the previous steps, sustainability problems and analytical problems were specified, for which the analytics tool can now provide access to appropriate data. Furthermore, deeper analysis can be executed on the specified data by utilizing descriptive, diagnostic, predictive, and prescriptive analysis methods. Likewise, through scenario planning analytics, considering all the uncertainties, questions, trigger events, and historical data, the best-case scenario, worst-case scenario, and average case scenario can be developed. Using this information, a scenario strategy plan may be determined. Additionally, this can be integrated with predictive analytics to find the likelihood of each outcome that occurs according to the designed scenario.

As a final step, a sustainability report is to be generated. This report includes the following major segments:

1) Sustainability problem and description.
2) Methods or tools utilized for attaining sustainability success in the organization along with alternative methods used that did not provide appropriate information according to the user's needs.
3) Detailed view on types of data collected and visualizations that are necessary for the future determination of sustainability success.
4) Competitor's sustainability analysis (data benchmarking): Through automated competitor research, specific data on their sustainability objectives, annual report, and their current sustainability progress are updated in the analytics tool which is used to position the corporations' sustainability strategy against their competitors' strategy.
5) Stakeholders need analysis: Employee satisfaction, customer needs and complaints, shareholder needs, and government regulations are fed to the business

analytics tool. Based on this information, the possible future needs of the stakeholders could be determined through predictive analytics and scenario planning, to stay one step ahead of other corporations.

6) Next Steps related to improvements in the BI architecture or new sustainability initiatives must be reported that will help the organization's growth. In addition to individual brainstorming methods followed by managers, executives or analysts, such steps may also be determined by employing prescriptive analytics methods.

The data analysis and evaluation steps (automated reporting process) follow an agile methodology, where analysts gain the possibility to go back to the analysis phase if they have missed any details or if new potential uncertainties have occurred, leading to proceed with predictive analytics/scenario planning.

3 Conclusion and Recommendations

This research is aimed to identify an effective framework to implement corporate sustainability on a long-term basis with a focus on utilizing business analytics for faster, business-specific, and data-driven sustainability incorporation. Major research studies have reported that organizations find it challenging to follow up with numerous available sustainability frameworks and theories which are not applicable for all industries or business-specific cases. Multiple limitations to utilize sustainability practices in corporations exist, and as a result, they are rarely integrated into the business models. Furthermore, previous research studies did not cover the systematic usage of business analytics to gather sustainability insights.

A business analytics framework called as "Sustainability Design Process" (SDP) was introduced to assist organizations identify sustainability problems, utilize the improved sustainability balanced scorecard, and to efficiently execute corporate sustainability. These frameworks provide an effective and systematic step-by-step methodology with guidelines to support the analysts, executives, and managers of any organization or industry dealing with business specific use-cases. Logistics industry has been considered to focus on a specific business use-case.

There exist some limitations in this research paper which are considered as a scope for future research works, which are listed below.

- *Designing a business-specific corporate sustainability measurement databank with indicators and indices*: This research paper has elucidated an approach towards designing a business-specific corporate sustainability measurement databank. This may prove useful for implementing corporate sustainability. With the use of this databank, a list of KPIs can be determined according to the sustainability business problem. Therefore, future research on developing such a databank for particular industries including a detailed explanation of

the attributes in the databank, as well as methods for automated data extraction and storage, is recommended. The data extraction can be performed by linking sustainability indicator websites such as GRI, DJSI and others to data collection and integration processes.

- *Formulating a weightage criterion for developing an improved sustainability balanced scorecard and integrating this factor in business analytics*: This paper has made use of an approach towards formulating a weightage criterion using AHP. This can be further expanded, and suitable weightage criteria can be determined. Additionally, the formulated weightage criteria must be integrated in the analytics tool for corporations to implement the improved sustainability balanced scorecard.
- *Developing a business analytics tool to incorporate the sustainability design process for implementing corporate sustainability*: In this research paper, a systematic framework has been proposed to implement corporate sustainability using business analytics. This approach should be transformed into an analytics tool for the effective usage of sustainability analytics in organizations. Besides, it is also crucial to investigate appropriate data warehouse and data mart structures in detail.

4 Appendix

This part of the Appendix belongs to Chapter 2. Improved Sustainability Balanced Scorecard is developed after defining the organization's maturity level. In this process, the KPI selection process and development of ISBSC has not been elaborated in Chapter 2.

KPI Selection Process and ISBSC

The KPI selection must be business unit specific or business process specific and it must correlate with the organization's strategic objectives and its current growth. The KPIs must be effective, significant, reliable, and consistent with the value creation process. To select the KPIs, it is essential to focus on a few key metrics rather than a slew of data, and it is appropriate to aim for 3 or 4 KPIs per goal for each business unit/business process per TBL segment. Additionally, the sustainability measurement indicators can be used as is, or can also be modified with respect to the industry and organizational size.

After the KPIs are selected, an ISBSC must be developed wherein equal weightage to each sector in the TBL must be provided. Though SBSC is a balanced and well-rounded approach to measure a business's sustainability performance, the factor to develop equal weightage is not implemented, and the original SBSC considers the TBL segments in pillar form representation rather than as intersection of 3 segments. Therefore, ISBSC consists of two segments namely, 1) the intersection of TBL in

SBSC with the implementation of equal weightage for each segment, and 2) the utilization of Scrum framework for agile determination and segmentation of strategic KPIs. An ISBSC model has been illustrated in figure 18, with a KPI selection flowchart and figure 19, with KPI segmentation and seven ISBSC perspectives (more aspects could be included according to the organizational needs, but the current model consists of crucial factors to be included). The number in the illustration has the following connotations: 1 – depicts the selection process of KPIs, 2 – depicts the segmentation of the selected KPIs through the Scrum framework, 3 – depicts the aspects considered for KPI clustering and classification.

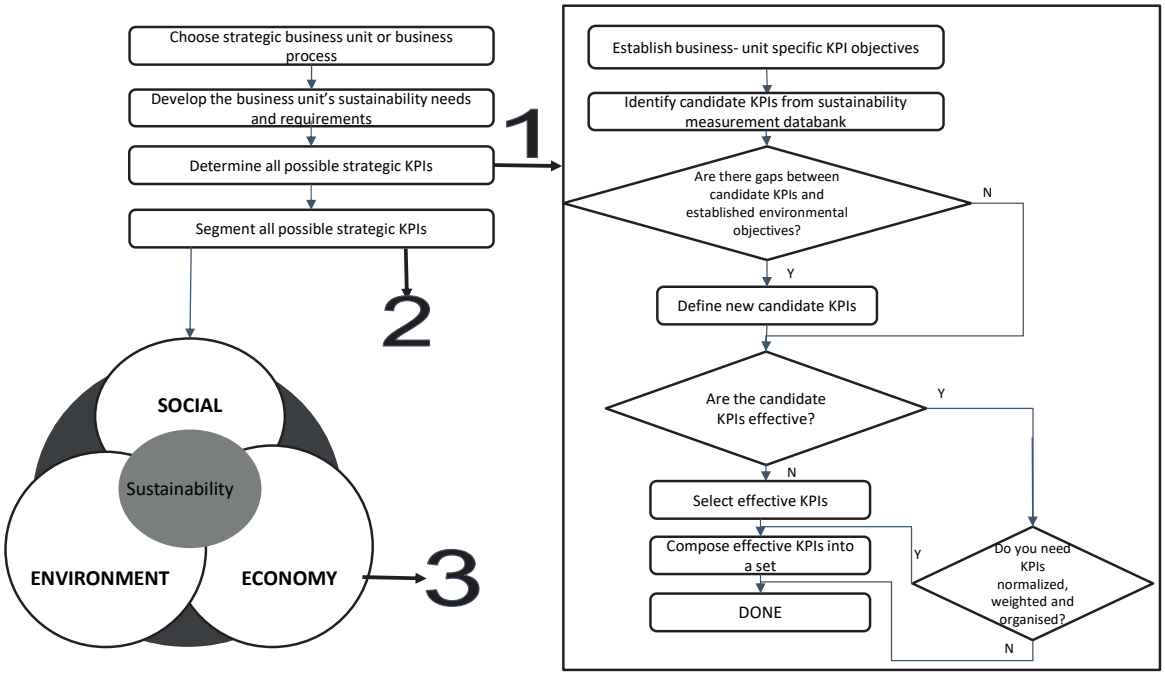


Figure 18: An Improved Sustainability Balanced Scorecard Model with KPI selection flow chart

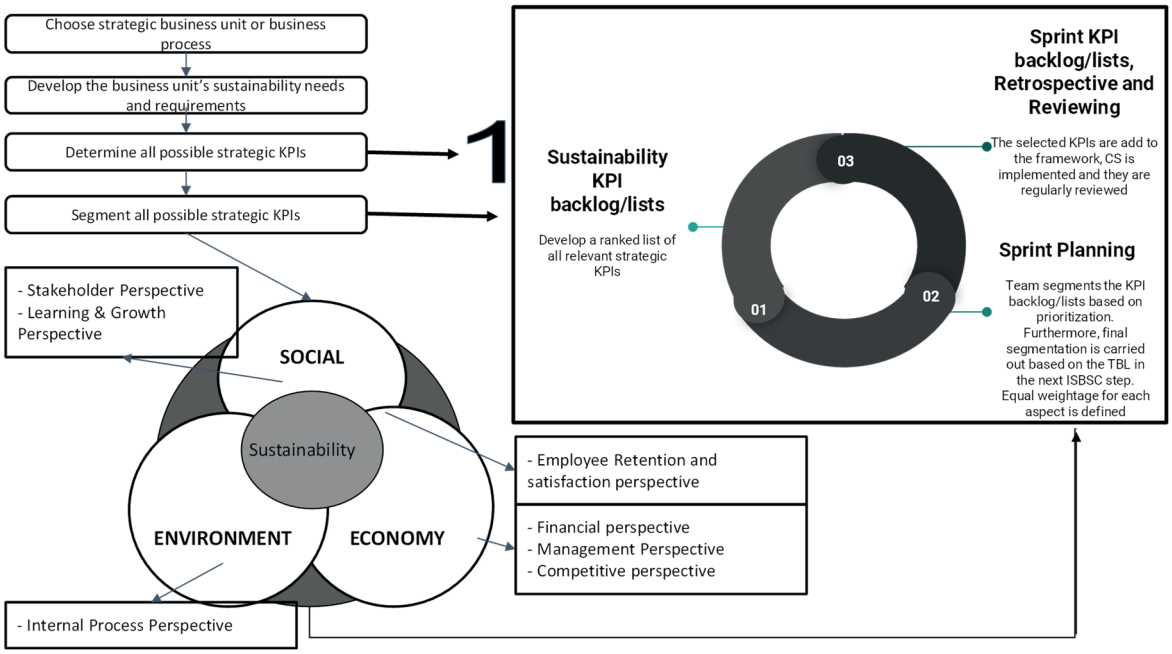


Figure 19: An Improved Sustainability Balanced Scorecard Model with KPI segmentation

5 Bibliography

Bansal, P. (2005): Evolving sustainably: A longitudinal study of corporate sustainable development. In: Strategic Management Journal. 26 (3), pp. 197–218.

Böhnlein, M. (2001): Konstruktion semantischer Data-Warehouse-Schemata. Wiesbaden: DUV.

Columbus, L. (2017): 53% Of Companies Are Adopting Big Data Analytics. Retrieved on May 2021 from Forbes: https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2017/12/24/53-of-companies-are-adopting-big-data-analytics/?sh=39e68a3639a1.

Deloitte (2012): Sustainability Analytics: The three-minute guide. Retrieved on February 2021 from Deloitte: https://www2.deloitte.com/global/en/pages/deloitte-analytics/solutions/three-minute-guide-to-sustainability-analytics.html.

Dočekalová, M. & Kocmanová, A. (2016): Composite indicator for measuring corporate sustainability. In: Ecological Indicators. 61 (2), pp. 612–623.

Figge, F., Hahn, T., Schaltegger, S. & Wagner, M. (2002): The Sustainability Balanced Scorecard – linking sustainability management to business strategy. In: Business Strategy and the Environment. 11 (5), pp. 269–284.

Haanaes, K. (2016): Why all businesses should embrace sustainability. Retrieved on April 2021 from IMD: https://www.imd.org/research-knowledge/articles/why-all-businesses-should-embrace-sustainability/.

Hall, J. & Vredenburg, H. (2003): The challenge of innovating for sustainable development. In: Intelligence. 45 (1), pp. 61–68.

Hart, S. L. & Dowell, G. (2011): A Natural-Resource-Based View of the Firm. In: Journal of Management. 37 (5), pp. 1464–1479.

Hart, S. L. & Milstein, M. B. (2003): Creating sustainable value. In: Academy of Management Perspectives. 17 (2), pp. 56–67.

Hristov, I. & Chirico, A. (2019): The Role of Sustainability Key Performance Indicators (KPIs) in Implementing Sustainable Strategies. In: Sustainability. 11 (20), 5742.

Ilgar, Ö. (2021): 5 Tips to Navigate Sustainable Logistics. Retrieved on February 2022 from Forbes: https://www.forbes.com/sites/sap/2021/05/13/5-tips-to-navigate-sustainable-logistics/?sh=272fd94c46a3.

Karami, E. (2006): Appropriateness of farmers adoption of irrigation methods: The application of the AHP model. In: Agricultural Systems. 87 (1), pp. 101–119.

Kisacik, H. (2017): The Corporate Sustainability Solution: Triple Bottom Line. Retrieved on March 2021 from ResearchGate: https://www.researchgate.net/figure/Triple-Bottom-Line-3P-Formulation_fig1_329124890.

Knobloch, B. (2018): Management von Datenanalyseprozessen. Bamberg: University of Bamberg Press.

Macharis, C., Melo, S., Woxenius, J., & Lier, T. v. (2014): Sustainable Logistics (Vol. 6). Emerald Group Publishing, Bingley.

Marshall, R. S. & Brown, D. (2005): Framing the elusive concept of sustainability: A sustainability hierarchy. In: Environmental Science & Technology. 39 (3), pp. 673–682.

Medel-González, F., García-Ávila, L. F., Salomon, V. A., Marx-Gómez, J. & Hernández, C. T. (2016): Sustainability performance measurement with Analytic Network Process and balanced scorecard: Cuban practical case. In: Production. 26 (3), pp. 527–539.

Möller, A. & Schaltegger, S. (2005): The sustainability balanced scorecard as a framework for eco-efficiency analysis. In: Journal of Industrial Ecology, 9 (4), pp. 73–83.

Montiel, I. & Delgado-Cebrallos, J. (2014): Defining and Measuring Corporate Sustainability. In: Organization & Environment. 27 (2), pp. 113–139.

Muntean, M., Dănăiată, D., Hurbean, L. & Jude, C. (2021): A Business Intelligence & Analytics Framework for Clean and Affordable Energy Data Analysis. In: Sustainability. 13 (2), 638.

Narasimhamoorthy, S. (2021): Achieving Corporate Sustainability through Business Analytics. A Framework for Sustainability Advisors and Corporations. Bachelor's Thesis, Faculty Business and Engineering, Schweinfurt: University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt.

Oliveira, L. R., Medeiros, R. M., Brangança-Terra, P. & Gonçalves-Quelhas, O. L. (2012): Sustainability: the evolution of concepts to implementation as strategy in organizations. In: Production. 22 (1), pp. 70–82.

Reis, E. (2021): Resilience is the new sustainability. Retrieved on April 2021 from The University of British Columbia: https://www.sustain.ubc.ca/events/resilience-new-sustainability.

Scoones, I. (2007): Sustainability. In: Development in Practice. 17 (4-5), pp. 589–596.

World Economic Forum (2020): The Future of the Last-Mile Ecosystem. Geneva: World Economic Forum.

RFID, RPA & IPS im produktionsnahen ERP-basierten MTO-Auftragsabwicklungsprozess

Thomas Zwiefel

Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Konrad-Zuse-Straße 2, 97421 Schweinfurt, thomas.zwiefel@student.fhws.de

1 Einleitung 186

2 Geschäftsprozesse 187

3 Technologien 189

4 Integration der Technologien 194

5 Laborbeispiel 198

6 Fazit 205

7 Literaturverzeichnis 205

Abstract:

Industrie-4.0-Konzepte sind inzwischen in zahlreichen Unternehmen angekommen. Neben den vorrangigen Themen wie Digitalisierung und vernetzten Systemen kommt der Automatisierung nach wie vor eine zentrale Bedeutung zu. Die Einbindung von Softwarerobotern sowie Indoor-Lokalisierungssystemen kann dabei die Effizienz von Geschäftsprozessen massiv beeinflussen. Ziel dieses Beitrags ist die Entwicklung und Umsetzung eines Laborbeispiels, das die weitgehende Automatisierung eines produktionsnahen Make-to-Order Auftragsabwicklungsprozesses auf Basis eines Enterprise-Ressource-Planning-Systems durch ausgewählte Industrie 4.0-Komponenten innerhalb einer Laborumgebung beinhaltet.

Dazu werden zunächst die theoretischen Grundlagen von Geschäftsprozessen im Allgemeinen sowie des Auftragsabwicklungsprozesses im Besonderen dargestellt. Im nächsten Schritt werden die eingesetzten Technologien separat diskutiert, bevor ein Integrationsansatz aufgezeigt wird. In diesem Zusammenhang werden Radiofrequenz-Identifikation, ein Indoor-Positionierungssystem mittels Ultrabreitband sowie die robotergestützte Prozessautomatisierung evaluiert. Schließlich folgt die Entwicklung eines Laborbeispiels zur Integration der genannten Technologien. Neben dem Verfahren wird auch die konkrete Umsetzung der Technologien durch geeignete Hard- und Software erläutert.

JEL Classification: O33, M11, M15

Keywords: Digitalisierung, Prozessautomatisierung, Softwareroboter, Indoor-Lokalisierung, IoT.

1 Einleitung

Die vierte industrielle Revolution („Industrie 4.0“) konzentriert sich auf Fokusthemen wie die Digitalisierung oder vernetzte Systeme. Doch auch die Automatisierung ist weiterhin von großer Bedeutung. Im Gegensatz zur dritten industriellen Revolution steht die klassische Automatisierung jedoch zunehmend unter Druck. Während Unternehmen früher vor allem über große Losmengen die Kosten zu reduzieren versuchten, ist die Variantenvielfalt sowie der Wunsch nach mehr Individualisierung und Flexibilität ausgeprägter denn je (Jeschke et al., 2017, S. 8). In Kombination mit einem globalen Wettbewerb und einem damit einhergehenden rauen Preiskampf entsteht dadurch der Drang zu Innovationen. Die Geschäftsprozesse eines Unternehmens bleiben dabei nicht unberührt.

Im Fokus befindet sich nicht zuletzt der Auftragsabwicklungsprozess. Denn schon in den letzten vier Jahrzehnten ist ein Trend zur zunehmenden Dezentralisierung der Fabrikplanung bis hin zur Selbststeuerung und -optimierung der Fabrik erkennbar (Scheer, 2020, S. 37). Hierfür ist neben Know-how auch Hardware für neue Lösungen im Bereich der Supply Chain notwendig. Durch Ansätze wie Radio-Frequency Identification (RFID) oder ein Indoor Positioning System (IPS) können beispielsweise Lager- und Bestandsbuchungen gänzlich ohne menschliche Beteiligung erfasst werden.

Dennoch implizieren neue Systeme sowie eine Dezentralisierung meist einen Mehraufwand für die Unternehmen. Um diesen erhöhten Aufwand vor dem Hintergrund eines steigenden Kostendrucks stemmen zu können, sind Effizienzsteigerungen unumgänglich. Eine steigende Anzahl an Unternehmen verfolgt den Ansatz der Automatisierung durch Roboter. Nachdem Produktionsprozesse bereits vor vielen Jahrzehnten von der „Robotisierung“ betroffen waren, steht die Automatisierung von Geschäftsprozessen erst am Anfang (Siderska, 2020, S. 22). In den „Top Strategic Technology Trends for 2021“ der Beratungsfirma Gartner ist der Einsatz von Softwarerobotern (Robotic Process Automation, RPA) ein wichtiger Schlüssel hin zu mehr Erfolg (Gartner, 2020, S. 12). In Kombination mit Systemen des Enterprise-Ressource-Planning (ERP) sind solche Verbundlösungen in der Lage, erhebliche Ressourceneinsparungen in Unternehmen zu erzielen, indem der Mensch schrittweise von zeitraubenden, nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten befreit wird (Hierzer, 2020, S. 66–67).

Ziel dieses Beitrags ist die weitgehende Automatisierung eines produktionsnahen Auftragsabwicklungsprozesses auf Basis eines ERP-Systems unter Verwendung ausgewählter Industrie 4.0-Komponenten innerhalb einer Laborumgebung. Dazu werden zunächst die theoretischen Grundlagen von Geschäftsprozessen im Allgemeinen und des Auftragsabwicklungsprozesses im Speziellen erläutert. Im nächsten Schritt werden die eingesetzten Technologien isoliert voneinander betrachtet, bevor ein Integrationsansatz aufgezeigt wird. In diesem Zusammenhang werden Radio-frequency

Identification, ein Ultrabreitband-Indoor-Positionierungssystem sowie die Robotic Process Automation evaluiert. Schließlich folgt die Entwicklung eines Laborbeispiels zur Integration der genannten Technologien. Neben dem Verfahren wird auch die konkrete Umsetzung der Technologien erläutert.

2 Geschäftsprozesse

Unter Geschäftsprozessen versteht man eine strukturierte Abfolge von Aktivitäten zur Erreichung eines bestimmten Endzustandes (Kurbel, 2016, S. 11). Dabei hat jede Aktivität Inputs sowie Outputs, die zur Ausführung benötigt werden bzw. durch den Prozessschritt entstehen (Hammer & Champy, 1993, S. 35). Im Rahmen der Anwendung von Geschäftsprozessen kommt der Organisationsgestaltung eine tragende Rolle zu. Durch den Wandel von einer funktionsorientierten hin zu einer prozessorientierten Betriebsorganisation können Unternehmen durch Geschäftsprozesse erhebliche Produktivitätssteigerungen erzielen (vom Brocke & Rosemann, 2014, S. 7). Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer systematischen Herangehensweise zur Implementierung und Optimierung von Geschäftsprozessen in Unternehmen. Durch ein „Business Process Management System“ (BPMS) wird dieser Notwendigkeit Rechnung getragen. Das BPMS umfasst dabei neben der Planung auch die Steuerung und Ausführung von Arbeitsabläufen (Gadatsch, 2015, S. 7). Die Beschreibung von Geschäftsprozessen erfolgt meist in der Sprache „Business Process Model and Notation“ (BPMN), da mittels einheitlichem Austauschformat „Extensible Markup Language“ (XML) eine große Kompatibilität gegeben ist (Barton et al., 2017, S. 2). Durch die Aneinanderreihung von Aufgaben, Verzweigungen sowie Zuständen können Geschäftsprozesse leicht verständlich dargestellt werden.

Die Auftragsabwicklung dient als zentraler Geschäftsprozess zur Abwicklung von Kundenaufträgen (Kurbel, 2016, S. 223). Dabei wird der Prozess je nach Modus zur Auftragserzeugung unterschiedlich initiiert. In Abbildung 1 ist ein vereinfachter Auftragsabwicklungsprozess eines Produktionsunternehmens in BPMN dargestellt. Der Auftrag wird dort durch eine Kundenbestellung beim Vertrieb initiiert. Erzeugen und Einplanen des Fertigungsauftrages durch die Produktionsplanung folgen parallel zur Auftragsbestätigung. Nach eingeplantem Fertigungsauftrag werden Bestellungen erzeugt, ausgelöst und schließlich der Produktion bereitgestellt. Die Produktion kann die Fertigung starten, sobald das Material für den jeweiligen Fertigungsauftrag ausgebucht wurde. Die durchgeführten Fertigungsschritte werden über die Auftragsrückmeldung erfasst. Dort wird der Auftrag durch Zeit- und Mengenangaben dokumentiert. Nach erfolgter Produktion kann der Lieferschein erzeugt werden, der typischerweise der Lieferung beigelegt wird. Ist die Ware durch das Materialmanagement verpackt, kann sie an den gewünschten Lieferort versendet werden. Im Nachgang wird durch den Vertrieb noch die Rechnung erstellt und der empfangenden Person zugestellt. Die Zahlungsüberwachung am Ende des Prozesses wird von der Buchhaltung

übernommen. Mit der Buchung des Zahlungseingangs ist der Kundenauftrag abgeschlossen.

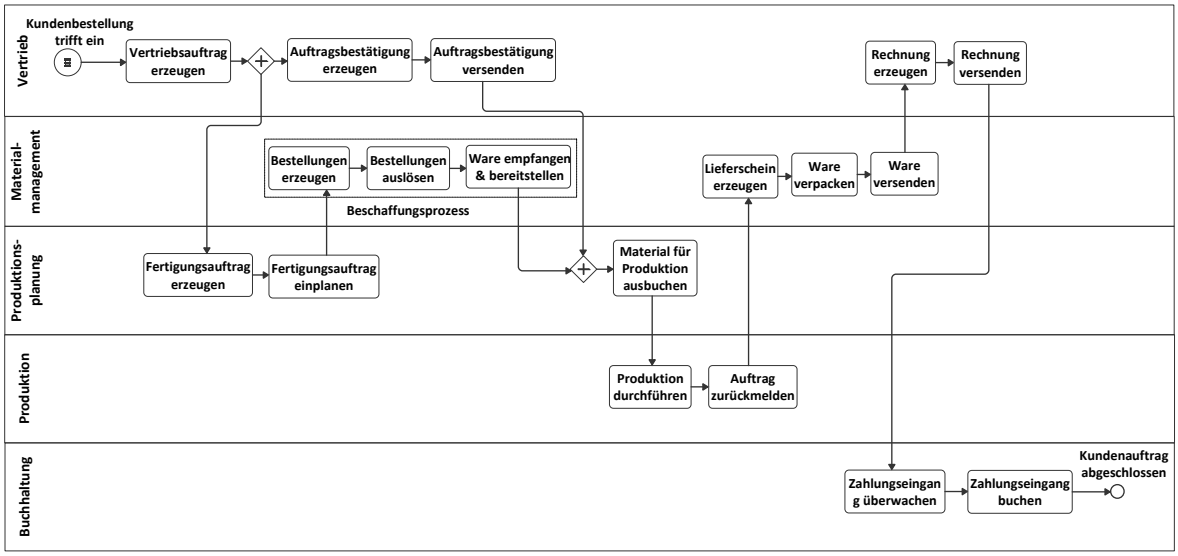


Abbildung 1: Beispielhafter MTO-Auftragsabwicklungsprozess
Quelle: Eigene Darstellung

Die Auftragserzeugung definiert, wann ein neuer Fertigungsauftrag gestartet wird. Dabei wird zwischen den zwei Grundformen Auftrags- (Make-To-Order, MTO) und Lagerfertigung (Make-To-Stock, MTS) unterschieden. Bei der Auftragsfertigung werden Kundenaufträge unmittelbar an Fertigungsaufträge geknüpft. Auf diese Weise initiieren Kund:innen den Fertigungsauftrag. Die Lagerfertigung entkoppelt diesen Prozess und fertigt Produkte auf Basis einer Absatzprognose. Dadurch werden Kundenaufträge in der Regel unabhängig vom direkten Kundenauftrag direkt aus dem Lager bedient (Wiendahl, 2011, S. 281–283).

Zur Beschreibung der Unternehmensarchitektur im Fokus betrieblicher Informationssysteme unterscheiden Ferstl und Sinz im semantischen Objektmodell drei Modellebenen, wobei von einer Modellebene zur nächsten eine Detaillierung der übergeordneten Stufe stattfindet. Die drei Ebenen werden zunächst in eine Außen- und Innenperspektive aufgeteilt. Die Außenperspektive beinhaltet den Unternehmensplan und damit alle Objekte eines Unternehmens. In der Innenperspektive wird zwischen der Aufgabenebene und der Aufgabenträgerebene differenziert. Die Aufgabenebene enthält dabei das Geschäftsprozessmodell. In diesem Modell sind die Prozesse zur Erreichung des Unternehmensplans abgebildet. Auf der Aufgabenträgerebene befinden sich die Ressourcen für die jeweiligen Geschäftsprozesse. Die Ressourcenebene beinhaltet neben Personal sowie Maschinen und Anlagen auch die Anwendungssysteme (Ferstl & Sinz, 2013, S. 194–197). Zu den Anwendungssystemen der untersten Ebene gehören unter anderem auch das Enterprise Ressource Planning (ERP). Durch die Möglichkeit der Steuerung von Informationsflüssen sowie die Integration verschiedenster Geschäftsprozesse in ein System sind diese Art von Anwendungssystemen in

den letzten Jahrzehnten zum unverzichtbaren Standardrepertoire im betrieblichen Umfeld herangewachsen (Caserio & Trucco, 2018, S. 14).

Wichtig für das Verständnis von ERP-Systemen sind die beiden Begriffe Stamm- und Bewegungsdaten. Erstere sind unabhängig von konkreten Aufträgen und werden häufig in vielfältigen Prozessen und Anwendungen verwendet. Bewegungsdaten entstehen direkt aus dem Geschäftsbetrieb heraus (Kurbel, 2016, S. 42). Während sich Bewegungsdaten häufig ändern können, sind Stammdaten meist über längere Zeit konstant. Zur Veranschaulichung soll an dieser Stelle der Auftragsabwicklungsprozess aus Abbildung 1 herangezogen werden. Der gesamte Prozess wird durch ein ERP-System begleitet. Bereits im ersten Prozessschritt, der Kundenauftragserzeugung, werden verschiedene Stammdaten genutzt. Zu erwähnen sind an dieser Stelle die Kundendaten wie Adresse, Zahlungsziel und Ansprechpartner. Bei Bedarf kann auf diese aus verschiedenen Anwendungen heraus referenziert werden. An mehreren Stellen im Prozess entstehen Bewegungsdaten. Ein Beispiel hierfür ist der erstellte Vertriebsauftrag als elektronisches Dokument. Dieser wird auch als Beleg bezeichnet. Viele Geschäftsprozesse in ERP-Systemen basieren auf diesen Belegen (Kurbel, 2016, S. 220).

Zur Beschreibung des Aufbaus von ERP-Systemen wird häufig die dreistufige Client-Server-Architektur herangezogen. Auf der Anwendersicht sind die jeweiligen Clients angesiedelt („Präsentation“). Diese werden auf der zweiten Ebene, der Anwendungsschicht, gebündelt. Diese Schicht verwaltet die Kommunikation zwischen den beiden anderen Ebenen und implementiert die Anwendungslogik („Anwendung“). Auf der dritten Ebene ist eine Datenbank vorzufinden („Datenhaltung“). Dort werden die Daten für das System vorgehalten (Bengel, 2014, S. 12–14).

3 Technologien

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit verschiedenen Technologien zur Digitalisierung und Automatisierung von Geschäftsprozessen mit dem Ziel, aktuelle Technologien im Rahmen der Geschäftsprozess-Lehre einzubeziehen sowie Herausforderungen und Potentiale bei der Umsetzung darzustellen. Die Technologien werden hierbei isoliert voneinander betrachtet.

3.1 Radio Frequency Identification

Bei RFID handelt es sich um eine Technologie zur kontaktlosen Objektidentifikation mit Hilfe von Radiowellen (Kern, 2006, S. 1). Funktionsfähige RFID-Systeme bestehen in der Regel aus mindestens drei Komponenten. Dazu zählen neben Lesegeräten und Transpondern auch die zugehörigen Informationssysteme. Lesegeräte sind meist stationäre Geräte mit externer Stromversorgung. Sie bestehen aus Antennen und Mikrochips, wobei die Antennen je nach genutzter Frequenz unterschiedlich ausgelegt sind (Kern, 2006, S. 33–34). Transponder sind grundsätzlich ähnlich aufgebaut.

In den meisten Fällen erzeugt eine Kombination aus Lesegerät und Low-end-Transponder lediglich eine Seriennummer. Diese Seriennummer oder „unique identifier“ (UID) muss zunächst mittels angeschlossener Informationssysteme verarbeitet werden (Thiesse, 2005, S. 107). Ergänzend zu den drei oben genannten Bestandteilen kann ebenso RFID-Middleware eingesetzt werden. Diese dient der Transformation und Bereitstellung von Daten und wird häufig zwischen RFID-Hardware und Anwendungssysteme geschaltet (Tamm & Tribowski, 2010, S. 20).

RFID-Systeme können anhand mehrerer Kriterien in Kategorien eingeteilt werden. Einen der wichtigsten Einflussfaktoren stellt dabei die Frequenz[37] dar. Hier kann im Wesentlichen zwischen drei verschiedenen Frequenzbereichen unterschieden werden: Die Niedrigfrequenz mit 125-135 Kilohertz („Low Frequency“), die Hochfrequenz mit 13,56 Megahertz („High Frequency“) und die Ultrahochfrequenz mit über 868 Megahertz („Ultra High Frequency“). Die Wahl des Frequenzbereiches ist entscheidend, da die wesentlichen technischen Rahmenbedingungen davon abhängen. So nehmen beispielsweise Energiebedarf, Reichweite und Größe der Antenne mit zunehmender Frequenz ab. Gleichzeitig steigen jedoch auch Reflexionen an Oberflächen und damit die Verluste. Daher existiert keine „one fits all“-Lösung. Stattdessen gilt es, ein an den geplanten Einsatz angepasstes System zu definieren (Kern, 2006, S. 41–43). Eine weitere Kategorisierungsmöglichkeit besteht in der Art der eingesetzten Transponder. Während aktive Transponder eine eigene Energieversorgung besitzen, werden passive Transponder per magnetischem (Niedrig- und Hochfrequenz) bzw. elektromagnetischem (Ultrahochfrequenz) Feld vom Lesegerät energetisch versorgt (Kern, 2006, S. 47). Weiterhin können Systeme anhand des Funktionsumfangs der Transponder unterschieden werden. Hier kann zwischen „Low-end-“ und „High-end“-Systemen unterschieden werden. Low-end-Systeme besitzen entweder keinen oder einen nur sehr schwachen Mikrochip zur Informationsverarbeitung. Mit diesen Systemen kann beispielsweise die Seriennummer ausgegeben werden. Die Vorteile dieser Art von Transpondern sind die kleinen Abmaße sowie die geringen Anschaffungskosten. Bei komplexeren Anwendungen eignen sich Transponder mit größerem Speicher und leistungsfähigeren Mikroprozessoren (Finkenzeller, 2015, S. 27–29). Je nach verwendetem Übertragungsverfahren eröffnet sich eine neue Art der Unterscheidbarkeit. Mit Übertragung ist die Kommunikation zwischen Lesegerät und Transponder gemeint. Dort wird zwischen kapazitiver und induktiver Übertragung sowie dem Backscatter-Verfahren unterschieden. Die kapazitive Übertragung nutzt ein elektrisches Feld, das durch Kondensatoren entsteht. Durch die Änderung des Feldes wird ein Signal erzeugt (Kern, 2006, S. 48–49). Induktive Verfahren nutzen

[37] Die Frequenz bezieht sich grundsätzlich auf die Frequenz des Lesegerätes, die meist mit der Frequenz des Transponders übereinstimmt. Dies ist allerdings nicht zwingend der Fall.

wechselnde magnetische Felder. Dazu wird vom Lesegerät über eine Spule ein magnetisches Feld erzeugt, das sich im Raum verteilt. Dieses Feld durchdringt auch die Antenne des Transponders, woraufhin eine Spannung am Transponder induziert wird. Dem magnetischen Feld wird dadurch Energie entzogen (Kern, 2006, S. 49–50). Die induktive Übertragung ist für kurze Strecken sehr zuverlässig und ist daher die meistgenutzte Form der Übertragung im Niedrig- und Hochfrequenzbereich (Lampe et al., 2005, S. 74). Beim Backscatter-Verfahren werden über Dipolantennen elektromagnetische Wellen mit periodisch alternierender Resonanz reflektiert (Kern, 2006, S. 55–57). Dabei sind Distanzen von über einem Meter möglich.

3.2 Indoor Positioning System

Lokalisierungssysteme dienen der Positionsbestimmung von Objekten (Farid et al., 2013, S. 1). Dabei ist ein Indoor Positioning System (IPS) für den Einsatz in Gebäuden vorgesehen. Grundsätzlich kann unabhängig vom Ort des Einsatzes zwischen bekannten und unbekannten Teilnehmern unterschieden werden. Bei einem bekannten Teilnehmer (Anchor) ist die Position initial bekannt. Im Gegenzug muss bei einem unbekannten Teilnehmer (Tag) die Position zunächst berechnet werden (Koubâa & Jamâa, 2013, S. 463).

Während sich bei Positionierungssystemen im Außenbereich das Global Positioning System (GPS) als de facto Standard durchgesetzt hat, existieren im Innenbereich verschiedene Ansätze (Hameed & Ahmed, 2018, S. 1). Je nach Anwendungsfall muss dabei unter Berücksichtigung bestimmter Charakteristika das passende System ausgewählt werden. In der Literatur werden mehrere Metriken zur Systemevaluation herangezogen. Allen voran steht die Messgenauigkeit, welche die Abweichung der ermittelten Position von der exakten Position berechnet. Ebenso sind Auflösung, Skalierbarkeit und Reichweite von großem Interesse. Mit Auflösung ist die kleinste Positionsänderung gemeint, die hinreichend exakt ermittelt werden kann. Die Skalierbarkeit beschreibt die Fähigkeit, Systeme an neue Rahmenbedingungen anzupassen. Die Reichweite kann darüber hinaus ein wichtiges Maß sein, um Funktionalität zu gewährleisten. Abseits von technischen Kriterien entscheiden meist die Kosten für Implementierung und Instandhaltung über das gewählte Lokalisierungssystem (Farid et al., 2013, S. 2–3).

Wie zuvor bereits erwähnt muss die Position von Tags zunächst rechnerisch ermittelt werden. Dafür werden je nach verwendeter Methode unterschiedliche Algorithmen eingesetzt. In den meisten Fällen wird jedoch die Triangulation eingesetzt, weshalb der Fokus in diesem Beitrag auf dieser Methode liegt. Innerhalb der Triangulation existieren richtungs- und streckenorientierte Konzepte. Die Richtungsorientierung bezieht sich dabei im Wesentlichen auf den Winkel zwischen Sender und Empfänger zueinander (Angle of Arrival, AOA). Streckenorientierte Konzepte nutzen zur Standortbestimmung entweder die Stärke des zurückgegebenen Signals (Received Signal

Strength, RSS) oder berechnen die Strecke über die Dauer zwischen Senden und Empfangen des Signals (Farid et al., 2013, S. 3–4). Im Laborbeispiel wird die Methode „Time Difference of Arrival" (TDoA) verwendet. Das TDoA-Prinzip berechnet die Distanz indirekt über den relativen Unterschied zwischen den Transitzeiten der unterschiedlichen Anchor-Tag-Strecken (Bensky, 2016, S. 169).

Die Nutzung von Signalen setzt voraus, dass eine gewisse Infrastruktur zur Signalübertragung existiert. Dabei können für Innenanwendungen zunächst drei verschiedene Technologien voneinander abgegrenzt werden: Infrarotstrahlung, Ultraschall sowie Radiowellen. Bei Infrarotstrahlung handelt es sich um elektromagnetische Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Die Wellenlänge liegt oberhalb des für den Menschen sichtbaren Lichts. Da Infrarotstrahlung leicht von anderen Objekten beeinflusst wird, muss häufig eine direkte Sichtverbindung bestehen (Hameed & Ahmed, 2018, S. 2). Ultraschall-Systeme kommunizieren im Frequenzbereich zwischen 0,02 und 1000 Megahertz und nutzen den Schall als Medium. Aufgrund der langsameren Geschwindigkeit von Schall gegenüber Licht sind die Messungen mit geringerem technischem Aufwand möglich. Dem entgegen stehen die negativen Reflexionseigenschaften von Ultraschallwellen (Retscher & Kistenich, 2006, S. 26). Die dritte Basistechnologie im Bereich der Signalübertragung sind Radiowellen. Diese haben den Vorteil, auch Wände durchdringen zu können und sind dadurch auch für Innenraumanwendungen mit mehreren abgegrenzten Räumen von Bedeutung. Innerhalb dieser Technologie existieren zahlreiche unterschiedliche Ausprägungen. Die wichtigsten Vertreter sind hier RFID, Bluetooth, Wireless Local Area Network (WLAN) und Ultra-wideband (UWB). Bluetooth ist im Bereich der Kommunikationstechnik ein weit verbreiteter Standard. Dabei werden Radiowellen im Gigahertz-Bereich genutzt, um Daten auszutauschen. Signifikanten Vorteilen wie hohe Sicherheit und niedrigem Stromverbrauch steht die hohe Latenz gegenüber. Wie Bluetooth basiert auch WLAN auf Radiowellen im Gigahertz-Bereich. Oftmals kann WLAN auf einer bereits bestehenden Infrastruktur aufbauen. Hierdurch wird die Bestimmung der Position ohne zusätzliche Hardware und damit ein kosteneffizienter Einsatz des Systems ermöglicht. Für Anwendungen im Bereich der Echtzeitüberwachung eignen sich solche Systeme aufgrund der hohen Latenz jedoch nicht (Farid et al., 2013, S. 5–8). UWB basiert auf dem kurzen Senden von Impulsen nacheinander mit niedrigem Tastgrad[38]. Im Gegensatz zu RFID-Systemen verwendet UWB mehrere Frequenzen gleichzeitig. Der zur Verfügung stehende Frequenzbereich liegt dabei zwischen 3,1 und 10,6 Gigahertz. Die Mindestbandbreite ist auf 500 Megahertz festgelegt (Federal Communications Commission, 2002, S. 15). Aufgrund dieser hohen Bandbreite können Störungen und Interferenzen mit anderen Technologien verhindert werden (Liu

[38] Der Tastgrad als Verhältnis von Impulsdauer zu Periodendauer gibt an, wie lange ein Signal im Vergleich zur Zyklusdauer abgegeben wird.

et al., 2007, S. 1074). Im Vergleich zu anderen Technologien sticht UWB durch hohe Auflösung sowie geringe Störanfälligkeit bei nicht-metallischen Gegenständen heraus. Besonders die guten Eigenschaften bei Anwendungen ohne direkten Sichtkontakt zwischen Sender und Empfänger (Non-Line-Of-Sight) manifestieren das große Potential der UWB-Technologie (Galler et al., 2006, S. 198–203).

3.3 Robotic Process Automation

Robotic Process Automation (RPA) ist ein Sammelbegriff für Softwarekomponenten, die auf der Benutzeroberfläche des Computers mit anderen Programmen interagieren. Da RPA typischerweise menschenähnliche Methoden in der Interaktion mit dem Computer verwendet, bleiben die betreffenden Systeme unverändert (van der Aalst et al., 2018, S. 269). Dabei muss zwischen Attended und Unattended RPA unterschieden werden. Bei Attended RPA wird der Softwareroboter direkt auf dem Bildschirm unter Aufsicht des Benutzers ausgeführt. Ähnlich wie Excel-Makros arbeitet der Softwareroboter auf Initiierung des Anwenders seine Tätigkeiten ab. Bei Unattended RPA kommen hingegen spezielle Server zum Einsatz. In diesem Zusammenhang existiert typischerweise keine Interaktion mit Anwendern (Langmann & Turi, 2020, S. 5–6). Für beide Arten von Softwarerobotern sind häufig wiederkehrende Tätigkeiten im Fokus, die eine klare Logik und nur wenige Ausnahmen vorweisen können (Scheer, 2020, S. 117–119). Prozesse mit hoher Variantenvielfalt lassen sich nur schwer oder unter hohen Kosten automatisieren und verbleiben daher meist beim Menschen (van der Aalst et al., 2018, S. 270–271).

Die Beweggründe zum Einsatz von RPA sind vielfältig. Einer der Treiber zum Einsatz von RPA sind die häufig anzutreffenden Systembrüche[39] in Geschäftsprozessen. Fehlende Schnittstellen in den einzelnen Systemen können durch RPA effektiv überbrückt werden, ohne die bestehende IT-Infrastruktur anpassen zu müssen. Durch die hohe Skalierbarkeit sind Softwareroboter bereits weit verbreitet. Bei kurzer Implementierungszeit können auf diese Weise Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen zeitnah erzielt werden (Langmann & Turi, 2020, S. 8–11). In einer branchenübergreifenden Studie der Unternehmensberatung Capgemini mit über 150 Teilnehmenden vertrat eine große Mehrheit die Meinung, dass RPA Kosten reduzieren, Effizienz steigern und die Qualität verbessern kann (Capgemini, 2016, S. 7). Durch die vordefinierte Logik ist außerdem eine hohe Konformität mit Compliance-Richtlinien erzielbar (Hofmann et al., 2020, S. 101). RPA kann sich zudem durch die Art des Systemzugriffs von anderen Lösungen differenzieren. Während die meisten Business Process Automation-Systeme auf der Schicht der Anwendungslogik agieren, arbeiten die Softwareroboter direkt auf der Präsentationsebene.

[39] Mit Systembruch ist die Verwendung unterschiedlicher Medien und Systeme innerhalb von zusammenhängenden Prozessen gemeint.

Grundsätzlich arbeiten Softwareroboter ähnlich wie Menschen mit Tastatur- und Mauseingaben. Eine häufig genutzte Form des Anwendungszugriffs ist daher die Automatisierung über die Benutzeroberfläche. Für umfangreichere Systeme wie SAP existieren darüber hinaus eigene Programmierschnittstellen. Auch der direkte Zugriff auf zugrundeliegende Datenbanken aus RPA heraus ist realisierbar (Smeets et al., 2019, S. 16). Vor diesem Hintergrund kommen mehrere bereits etablierte Methoden zum Einsatz. Dies führt zu einer hohen Produktreife bei einfachen RPA-Systemen. Einfache RPA-Systeme sind Softwareroboter, die ohne größere Anwendung von künstlicher Intelligenz auskommen. Wird die einfache Robotic Process Automation um Methoden der künstlichen Intelligenz erweitert, spricht man von Intelligent Process Automation (IPA). Dabei liegt der Fokus auf der Automatisierung von höherwertigen und komplexeren Aufgaben. Beispiele hierfür sind natürlichsprachliche Dialoge im Kundenservice oder eigenständige statistische Auswertungen durch Roboter (Scheer, 2020, S. 126). Durch die Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz, wie beispielsweise der Einsatz von künstlichen neuronalen Netzen, kann IPA auch unstrukturierte Daten[40] verarbeiten. Dadurch können Systeme eigenständig Muster in Daten erkennen und auch komplexere Entscheidungen lernen (Taulli, 2020, S. 38–43).

4 Integration der Technologien

Die Integration der einzelnen Technologien zu einem Gesamtsystem stellt eine wichtige und gleichzeitig komplexe Aufgabe dar. Damit die verschiedenartigen Systeme reibungslos zusammenarbeiten, sollten diese zu Beginn schematisch dargestellt werden. Dabei ist zudem auf den Informationsaustausch zwischen den Systemen zu achten. Ohne diese Kommunikation ist eine Verknüpfung und damit eine durchgängige Automatisierung nicht möglich. Nachfolgend wird zunächst auf Webservices als zentrale Kommunikationsschnittstelle zwischen Maschinen eingegangen. Im Anschluss folgt die Erläuterung einer Referenzarchitektur für Internet of Things (IoT) Anwendungen.

4.1 Webservices

Unter Webservices versteht man Softwarefunktionalitäten in der Kommunikation zwischen Maschinen (Machine-to-Machine). Über eine eindeutige Adresse (Uniform Resource Identifier) werden dabei mittels XML-Nachrichten über unterschiedliche Internetprotokolle ausgetauscht (W3C, 2017).

Im „Open Systems Interconnection“ (OSI) Referenzmodell wird ein universeller Ansatz zur Entwicklung von Kommunikationssystemen definiert. Dabei wird die Gesamtaufgabe in sieben aufeinander aufbauende Schichten unterteilt. Jede Schicht

[40] Unstrukturierte Daten haben keine vordefinierte Struktur. Beispiele hierfür sind Bilder, Videos und Tonaufnahmen.

übernimmt im Kontext von Rechnernetzen eine exklusive Aufgabe und nutzt jeweils die Dienste der nächstniedrigeren Ebene (Ferstl & Sinz, 2013, S. 417). Damit die Kommunikation zuverlässig funktioniert, müssen sich sowohl Sender als auch Empfänger am Modell orientieren. Zusätzlich finden zwischen Sender und Empfänger verschiedene Protokolle Anwendung. Protokolle stellen für die Kommunikation wichtige Regeln bereit. Hierzu werden Formate und Bedeutungen unterschiedlicher Begriffe festgelegt (Baun, 2020, S. 35).

Analog zum OSI-Referenzmodell werden beim Webservice Protocol Stack mehrere aufeinander aufbauende Schichten modelliert. Dabei kommen in der Regel vier Schichten zum Einsatz, die in der Literatur jedoch nicht einheitlich benannt werden. In Abbildung 2 ist eine Architekturvariante dargestellt. Beginnend auf der untersten Abstraktionsebene definiert die Transport Layer die Art der Nachrichtenübertragung durch das zu verwendende Protokoll. Bei Webservices wird häufig das Hypertext Transfer Protocol (HTTP) verwendet (Finger & Zeppenfeld, 2009, S. 56). In der Messaging Layer wird das Kommunikationsformat festgelegt. Hierzu wird häufig das Simple Object Access Protocol (SOAP) eingesetzt.

Bei SOAP handelt es sich um ein XML-basiertes Nachrichtenprotokoll. Eine SOAP-Nachricht besteht typischerweise aus den drei Komponenten Envelope, Header und Body. Der Envelope enthält als Wurzelelement die Version des SOAP-Protokolls sowie gekapselt die beiden untergeordneten Elemente Header und Body. Der optionale SOAP Header enthält allgemeine Meta-Informationen wie beispielsweise Sicherheitsinformationen der Nachricht. Der Body ist hingegen verpflichtend, da hier die Nutzdaten verankert sind. Der eigentliche Nachrichteninhalt ist somit ausschließlich im Body zu finden (Melzer, 2010, S. 87–91). Der Aufbau von SOAP-Nachrichten kann ebenfalls Abbildung 2 entnommen werden.

In der Description Layer werden die notwendigen Informationen zur Ausführung von Webservices beschrieben. Hierfür wird der Standard Web Service Description Language (WSDL) genutzt. Dieser basiert ebenso wie SOAP auf XML (Melzer, 2010, S. 116). Die oberste Schicht wird als Discovery Layer bezeichnet. In dieser kann ein Webservice registriert und durch Dritte gefunden werden. Der standardisierte Verzeichnisdienst wird auch als Universal Description Discovery and Integration (UDDI) bezeichnet. Dieser speichert spezifische Daten des Webservices in einem WSDL-Dokument ab (Vaddi & Mohanty, 2019, S. 26).

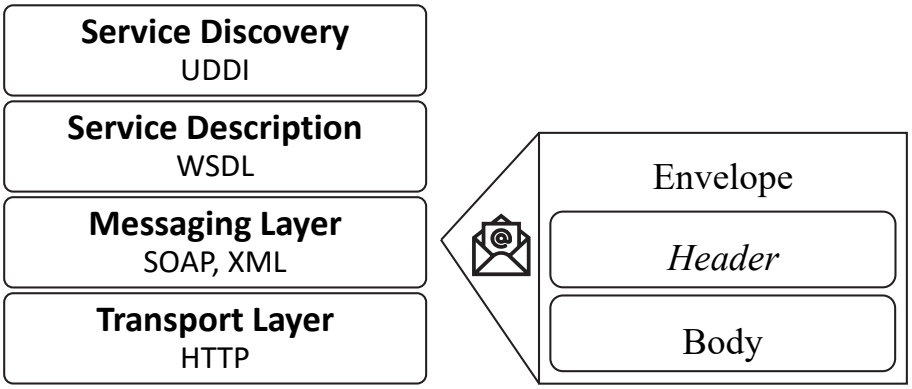


Abbildung 2: Webservice Protocol Stack
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Melzer, 2010, S. 87;
S.K.V. Jayakumar et al., 2014, S. 10

Allgemein können durch Webservices Daten in ERP-Systemen bzw. in den darauf aufbauenden Datenbanken über das Internet erstellt, gelesen oder geändert werden. Dies ist in vielen Fällen eine wichtige Voraussetzung zur Implementierung von IoT-Anwendungen.

4.2 Referenzarchitektur

Im IoT sind Objekte über ein Netzwerk miteinander verbunden. Über dieses Netzwerk können Geräte ohne menschliches Mitwirken untereinander kommunizieren und interagieren (Jeschke et al., 2017, S. 3). Durch die Verknüpfung mehrerer Geräte sollen technische Umgebungen intelligenter werden. Über meist durchgängig verfügbare drahtlose Verbindungstechnologien ist die Grundlage für smarte Umgebungen vorhanden (Zaheeruddin & Gupta, 2020, S. 6–8). Die Anzahl der Geräte sowie die Anbieter auf dem Markt sind in den letzten Jahren durchgängig gewachsen. Ein methodisches Vorgehen zur Integration der unterschiedlichen Objekte erscheint daher unerlässlich.

In der Literatur hat sich kein Konsens für eine einheitliche Referenzarchitektur durchgesetzt. Die meisten Modelle beinhalten drei oder fünf Schichten. Das Drei-Ebenen-Modell besteht aus den Schichten Perception, Network sowie Application Layer. Dieses Modell wird auch als konventionelle IoT-Architektur bezeichnet (Jabraeil Jamali et al., 2020, S. 3–4). Die unterste Schicht, die Perception Layer, besteht als physische Ebene aus Sensoren und Aktuatoren. Auf dieser Ebene werden Informationen wie beispielsweise Positionskoordinaten oder Temperatur erfasst. In der Network Layer werden Daten übertragen. Die Schicht ist demnach für die Kommunikation mit anderen Objekten und Servern zuständig. Dafür sind eindeutige Adressierung und Weiterleitung notwendig. Die Wahl des Netzwerks ist dabei unerheblich. Auf der obersten Ebene, der Application Layer, ist die Verbindung zum eigentlichen Nutzer gegeben. Dabei werden die Daten aus der Perception Layer zur Verfügung gestellt (Jabraeil Jamali et al., 2020, S. 3–13).

Ein weiteres Modell für IoT-Architekturen ist das Fünf-Schichten-Modell. Es erweitert das bestehende Modell um die beiden Ebenen Middleware Layer und Business Layer. Die Middleware Layer ist zwischen Network Layer und Application Layer angeordnet. Dies führt dazu, dass die Informationen aus der Network Layer zunächst in dieser Ebene verarbeitet werden. Durch beispielsweise universelle Berechnungen und vorgelagerte Logik-Entscheidungen werden Informationen vorverarbeitet. Eine Speicherung der Daten in Datenbanken ist ebenfalls möglich. Die oberste Ebene im Fünf-Schichten-Modell ist die Business Layer, die sich damit oberhalb der Application Layer befindet. Die Business Layer ist für die Koordination der einzelnen IoT-Geräte verantwortlich. Ebenso findet die Einbindung der Daten in die Geschäftslogik an dieser Stelle statt. Nur durch die sinnvolle Verknüpfung von individuellen Objekten zu smarten Systemen innerhalb eines durchdachten Geschäftsmodells kann IoT sein gesamtes Potenzial entfalten (Khan et al., 2012, S. 258–259).

Ähnlich wie das OSI-Referenzmodell durchlaufen die Informationen die jeweiligen Schichten sequenziell. Durch die Orientierung an dieser Architektur kann die Komplexität bei der Implementierung von IoT-Systemen bewältigt werden. Nachfolgend ist die geplante IoT-Architektur dargestellt. Dafür werden die in Kapitel 3 erläuterten Technologien und Methoden in ein gemeinsames Modell integriert. Als Grundmodell wird die fünfschichtige IoT-Referenzarchitektur verwendet.

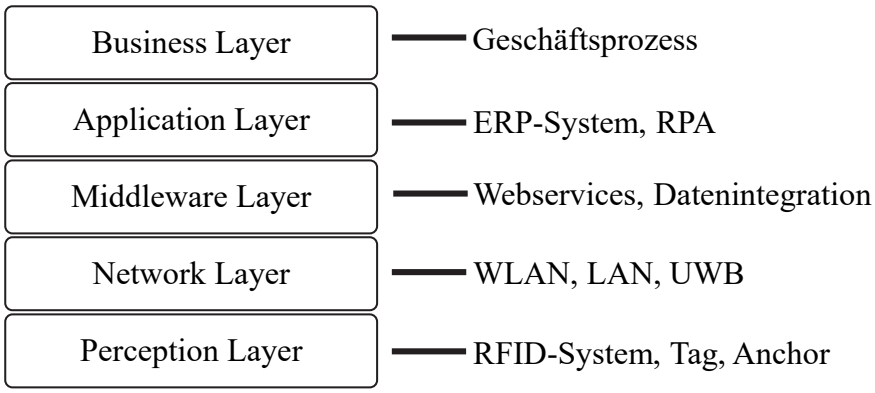


Abbildung 3: IoT-Referenzarchitektur
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Khan et al., 2012, S. 259

In der geplanten IoT-Architektur erfassen RFID-System sowie die Tags und Anchors des IPS die Informationen. Über verschiedene Netzwerkkomponenten werden die Informationen dann kabelgebunden oder drahtlos (WLAN und UWB) weitergegeben. Über Webservices können die Informationen vorverarbeitet werden. Es folgen weitere Transformationen in der Middleware Layer. In der Application Layer werden schließlich die Informationen aus den zugrundeliegenden Ebenen verwertet. Hierbei werden RPA und ERP-Systeme genutzt. Auf der obersten Ebene sind schließlich die Geschäftsprozesse definiert.

5 Laborbeispiel

5.1 Vorstellung des Unternehmens

Das fiktive Unternehmen „ERP-Bar GmbH“ ist eine kleine Bar, welche die beiden Getränke Gin Tonic und Hugo vertreibt. Zur Veranschaulichung wurde für das Unternehmen eine eigene Webseite erstellt. Dort kann das gewünschte Getränk gewählt werden. Nach Getränkewahl gelangen die Kund:innen auf eine Unterwebseite, auf der nähere Anweisungen zum weiteren Vorgehen gegeben werden. Das gewünschte Produkt wird eigenständig nach Anleitung produziert. Da jedes Getränk durch den Bestellenden hergestellt wird, liegt die Losgröße grundsätzlich bei eins. Das Unternehmen arbeitet daher innerhalb einer MTO-Auftragsabwicklung. Auf diese Weise wird die Produktion eines neuen Endproduktes erst gestartet, wenn eine Bestellung aufgegeben wurde. Der Bestand an Endprodukten liegt dabei typischerweise bei null.

Nach Bestelleingang wird im Vertrieb ein Vertriebsauftrag erzeugt. Die Fertigungsplanung erstellt aus dem Vertriebsauftrag heraus einen Fertigungsauftrag. Der Auftrag wird dadurch in die Produktionsplanung überführt. Gleichzeitig werden etwaige Bestellungen erzeugt und der aufkommende Materialbedarf reserviert. Das Auslösen der Bestellungen ist die Aufgabe des Materialmanagements. Diese tragen ebenso Verantwortung für den Wareneingang sowie die Bereitstellung der bestellten Materialien für die Produktion. Die Herstellung der Endprodukte beginnt mit der Entnahme des jeweiligen Glases. Danach müssen die Zutaten geschnitten und in das Glas gegeben werden. Die Getränke werden dann im dritten Schritt gemäß Stückliste eingefüllt. Im letzten Arbeitsgang werden alle Zutaten miteinander vermischt. Das Endprodukt ist nun produziert. Durch das Materialmanagement wird der Auftrag versendet. Der physische Objektfluss ist an dieser Stelle beendet. Nachdem der Vertrieb die Rechnung erzeugt und versendet hat, überwacht die Buchhaltung den Zahlungseingang. Wenn der fällige Rechnungsbetrag als Zahlungseingang gebucht wird, ist der Auftrag vollständig beendet. Der gesamte Auftragsabwicklungsprozess ist mittels BPMN in Abbildung 4 dargestellt. Grau hinterlegte Felder sind im Laborbeispiel automatisiert worden.

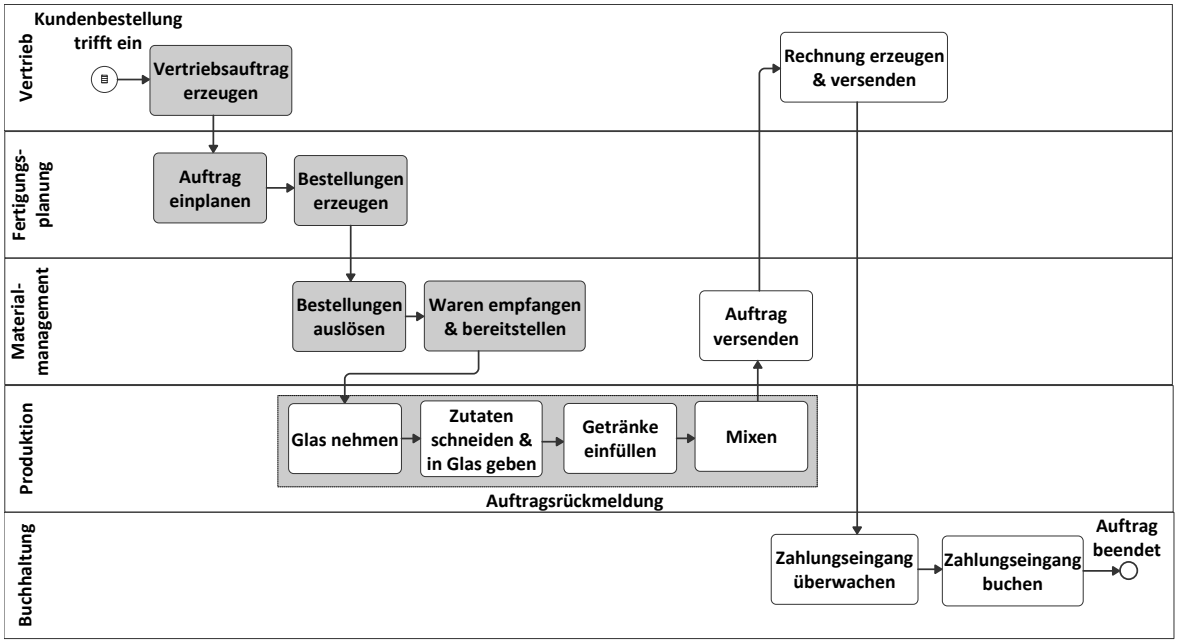


Abbildung 4: Auftragsabwicklungsprozess im Laborbeispiel

Quelle: Eigene Darstellung

5.2 Verwendete Hard- und Software

Gemäß der Einteilung in die Fünf-Schichten-Architektur im Abschnitt 4.2 ist in Abbildung 5 die realisierte IoT-Architektur mit den verwendeten Hard- und Softwarelösungen dargestellt. Im darauffolgenden Absatz werden zudem die einzelnen Systeme sowie deren Funktionalität kurz erläutert.

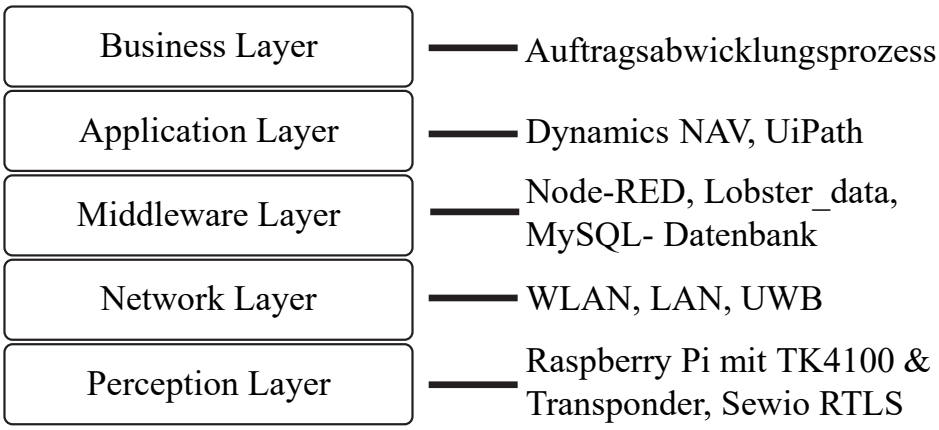


Abbildung 5: Realisierte IoT-Architektur im Laborbeispiel

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Khan et al., 2012, S. 259

Microsoft Dynamics NAV ist eine ERP-Systemlösung, die sich vor allem an kleine und mittlere Unternehmen richtet. Im Laborbeispiel wird die Version Dynamics NAV 2018 genutzt. Als zentrales ERP-System dient Dynamics NAV der Unterstützung sämtlicher Geschäftsprozesse. Auf diese Weise können alle Aufgaben aus dem Auftragsabwicklungsprozess durch das ERP-System begleitet werden.

Zur Automatisierung werden im Laborbeispiel zwei verschiedene Webservices verwendet. Diese wurden mithilfe des „Microsoft SQL-Server Management Studios“ (SSMS) sowie innerhalb des „Microsoft Dynamics NAV Development Environment“ entwickelt. Das SSMS ist ein integratives Tool für SQL-Server und kann relationale Datenbanken verwalten und konfigurieren (Microsoft, 2019). Das Development Environment dient der Erstellung eigener Anwendungen. Innerhalb der Entwicklungsumgebung können verschiedene Arten von Objekten erstellt werden. An dieser Stelle sollen lediglich Objekte der Art Codeunit genannt werden. Codeunits sind Container für Programmcode in der Programmiersprache C/AL. Diese können im Anschluss von mehreren Applikationen genutzt werden.

Der Raspberry Pi ist ein Einplatinencomputer mit zahlreichen Anschlüssen (Follmann, 2018, S. 1). Über umfangreiche Softwarebibliotheken und vorgefertigte Programme kann der Raspberry Pi zügig in bestehende Architekturen eingebunden werden. Daher eignet sich diese Art von Systemen vor allem für Anwendungen im IoT-Umfeld (Molloy, 2016, S. 5–6). In diesem Laborbeispiel wird das Betriebssystem Raspberry Pi OS verwendet. Dieses basiert auf Debian. Zusätzlich wird der Raspberry Pi über WLAN mit dem Netzwerk sowie über USB mit dem RFID-Lesegerät verbunden. Als RFID-Lesegerät wird das Modell „TK4100“ eingesetzt. Dieses kann lediglich die eindeutige Seriennummer (UID) des Transponders auslesen und funkt auf einer Frequenz von 125 Kilohertz. Die Energiezufuhr des Transponders erfolgt passiv über das Lesegerät. Zum Einsatz kommt dabei das induktive Verfahren über Spulen. Es handelt sich somit um ein passives Low-End-System im Niedrigfrequenzbereich mit induktivem Übertragungsverfahren (siehe Abschnitt 3.1). Als zusätzliche Software wird für den Raspberry Pi die Programmierumgebung „Node-RED“ installiert. Dabei sendet der Raspberry Pi die UID des Transponders per Websocket an Windows. Websocket ist eine bidirektionale Verbindung im TCP-Standard. Dabei wird zu Beginn eine Verbindung eröffnet (Handshake), die danach immer wieder verwendet werden kann. Dadurch kann eine Nachricht gesendet werden, sobald sie verfügbar ist. Dies verbessert die Latenz signifikant. Im Gegenzug dazu muss bei konventionellen HTML-Anwendungen die Verbindung stets neu aufgebaut werden (Wang et al., 2013, S. 7–8).

Node-RED ist eine auf JavaScript-basierende graphische Programmierumgebung. Die zugrundeliegende Plattform ist die Node.js-Plattform. Durch diese erhält Node-RED einen browserbasierten Editor zum Erstellen und Verwalten von Flows. Innerhalb der Flows besteht die Auswahl aus verschiedenen Knotenpunkten (Nodes), die Funktionen darstellen. Die Nodes werden per Mausklick miteinander verbunden. Auf diese Weise können umfangreiche Transformationen und Verbindungen zu anderen Systemen zügig realisiert werden (Lekic & Gardasevic, 2018, S. 1–2). Im Laborbeispiel sind zwei Node-RED-Instanzen notwendig. Der erste Flow läuft auf dem Raspberry Pi, der zweite Flow unter Windows. Dort werden zunächst die ankommenden

Informationen des Raspberry Pi empfangen. Nach einem klaren Algorithmus und mehreren Verarbeitungsstufen sendet Node-RED eine SOAP-Nachricht per HTTP-POST an den Webservice des ERP-Systems. Damit wird der Webservice „CreateSalesOrder“ in Anspruch genommen. Dieser erzeugt im ERP-System einen Verkaufsauftrag und gibt die Auftragsnummer als Rückgabewert aus. Die Auftragsnummer wird anschließend extrahiert und in eine Textdatei geschrieben, die RPA später auslesen kann. Unmittelbar danach wird RPA über das Systemkommando gestartet.

Als RPA-Lösung wird im Laborbeispiel die Studio-Version von UiPath in der Community Edition verwendet. Der erstellte Verkaufsauftrag des Webservices wird über mehrere Maus- und Tastatureingaben in die Produktion eingeplant. Dies entspricht den Arbeitsgängen „Auftrag einplanen“ bis „Ware empfangen & bereitstellen“ aus Abbildung 4. Die restlichen Schritte werden über das IPS in Verbindung mit einem Webservice realisiert.

Das Unternehmen Sewio Networks bietet Systemlösungen für IPS an. In diesem Kontext kommt das „Real-Time Location System“ (RTLS) zum Einsatz. RTLS ist eine auf UWB-basierende Plattform zur vorwiegenden Lokalisierung von Objekten im Innenraum. Dabei wird das TDoA-Schema zur Berechnung der Distanz genutzt. Das System besteht aus Anchors, Tags sowie einer Software (Sewio Networks, o. J.). Der Tag sendet dabei regelmäßige Signale an die Anchors. Fünf Anchor sind fest an der Wand montiert und über Ethernet-Kabel miteinander verbunden. Das Layout der Produktion ist in Abbildung 6 zu sehen. Da mehrere Anchors zu unterschiedlichen Zeiten die Signale empfangen, kann die Position berechnet werden. Die Systemkonfiguration wird über die mitgelieferte Software „RTLS Studio“ durchgeführt. Die wichtigsten Module innerhalb der Software sind der „RTLS Manager“ sowie die durch die Hochschule bereitgestellte MySQL-Datenbank. Über den RTLS Manager können Anchors, Tags und die Zonen eingerichtet werden. Zudem wird dort das Layout des Innenbereichs hochgeladen. Durch den hinterlegten Maßstab kann das RTLS die Übergänge zwischen den Zonen präzise erkennen. Die angeschlossene MySQL-Datenbank dient als Grundlage für die Nutzung des Webservices zur automatischen Auftragsrückmeldung unter Zuhilfenahme des Tools Lobster data.

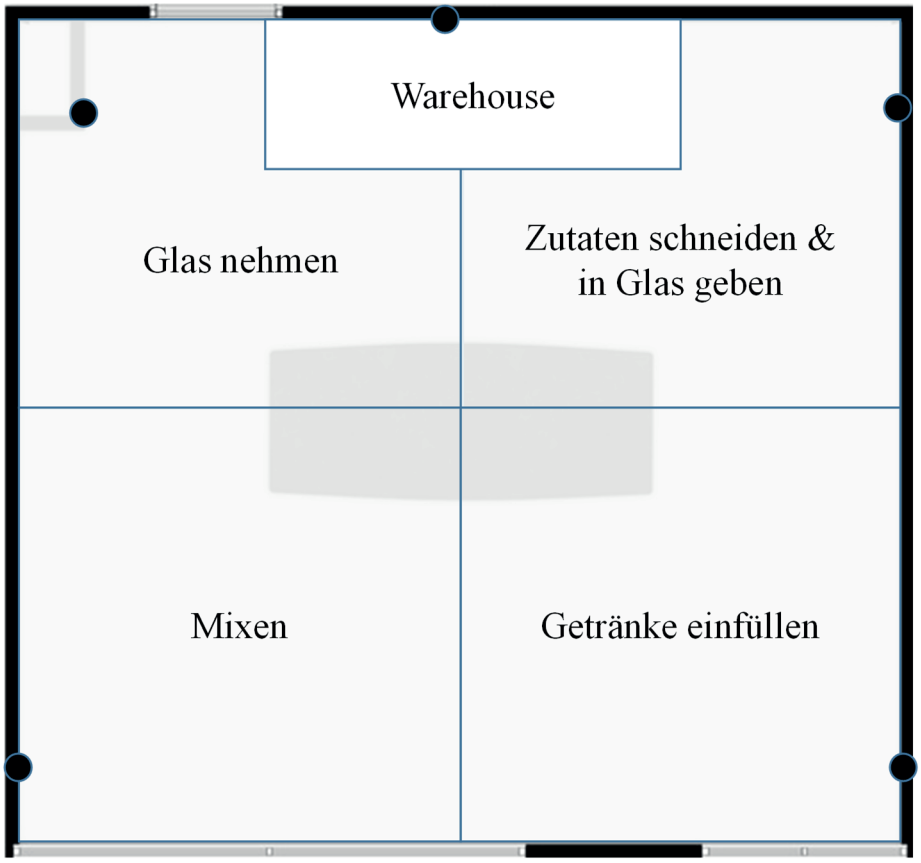


Abbildung 6: Layout IPS mit Positionen der Anchor (schwarze Punkte)
Quelle: Eigene Darstellung

Lobster data ist ein Tool zur Datenintegration. Über mehrere Verarbeitungsstufen kann ein elektronischer Datenaustausch zwischen verschiedenen Quell- und Anwendungssystemen realisiert werden. Der browserbasierte Client ist dabei hardwareunabhängig erreichbar. Das System arbeitet als Middleware in Profilen. Profile sind bei Lobster data mit ausgeführten Prozessen gleichzusetzen. Notwendige Definitionen sind ebenfalls dort deklariert (Lobster DATA, 2018, S. 2–6). Im Laborbeispiel werden zwei Profile benötigt. Im ersten Profil wird eine erste Relation im Intervall von drei Sekunden abgefragt. Bei einem Zonenwechsel wird ein Eintrag in einer zweiten Relation erzeugt. Innerhalb des zweiten Profils wird im gleichen Intervall eine SQL-Abfrage auf die erste Relation durchgeführt. Ändert sich der Status eines Tags erneut aufgrund eines Zonenwechsels, kann die Dauer eines Arbeitsgangs durch die Zeitdifferenz zwischen den beiden Relationen berechnet werden. Danach werden die Daten an die Zielstruktur angepasst und als SOAP-Nachricht formatiert. Nach Übermittlung der Daten an den Webservice wird die zweite Relation wieder geleert und die beiden Profile können von vorne beginnen.

5.3 Ablauf

Zwischen den einzelnen Systemen werden unterschiedliche Informationen ausgetauscht. In diesem Abschnitt soll der Ablauf des Laborbeispiels nochmals kurz umrissen werden.

Im ersten Schritt halten die Kunden den RFID-Transponder gemäß Getränkewahl an das Lesegerät. Das Lesegerät „TK4100“ empfängt dabei induktiv die UID des RFID-Transponders. Diese wird in Node-RED als Tastatureingabe erfasst und als Klartext weitergegeben. Über Websocket erfolgt die Datenübertragung zum zweiten Node-RED-Flow. Dieser erzeugt eine SOAP-Nachricht. Je nach Transponder wird Gin Tonic oder Hugo bestellt. Über einen Webservice wird per HTTP-POST-Methode in Microsoft Dynamics NAV ein Verkaufsauftrag angelegt. Nach erfolgreicher Erstellung wird der Verkaufsauftrag durch das RPA-Tool UiPath Studio in die Fertigung eingeplant. Danach kommt für die Auftragsrückmeldung das RTLS-System zum Einsatz. Die Tags des RTLS senden per UWB Impulse an die Anchors. Diese leiten die Daten per Ethernet-Kabel an die Software weiter. Mit TDoA wird dabei an zentraler Stelle auf Basis der Transitzeiten die Position des Tags berechnet und in eine Relation der MySQL-Datenbank geschrieben. Auf diese Datenbank greift das Middleware-Tool Lobster data zu. Mittels mehrerer SQL-Befehle können auf diese Weise ebenfalls Daten per SOAP-Nachricht an den Webservice des ERP-Systems gesendet werden. Die Funktionsweise der SQL-Befehle ist in Abschnitt 5.2 beschrieben. Auf der Applikationsebene folgt das ERP-System Dynamics NAV den Richtlinien der Business Layer. Innerhalb dieser ist der Prozess der Auftragsabwicklung definiert. In Abbildung 7 sind die einzelnen Schritte in Form eines BPMN zusammengefasst. Die Swimlanes richten sich nach der Einteilung in die IoT-Architektur gemäß Abbildung 5.

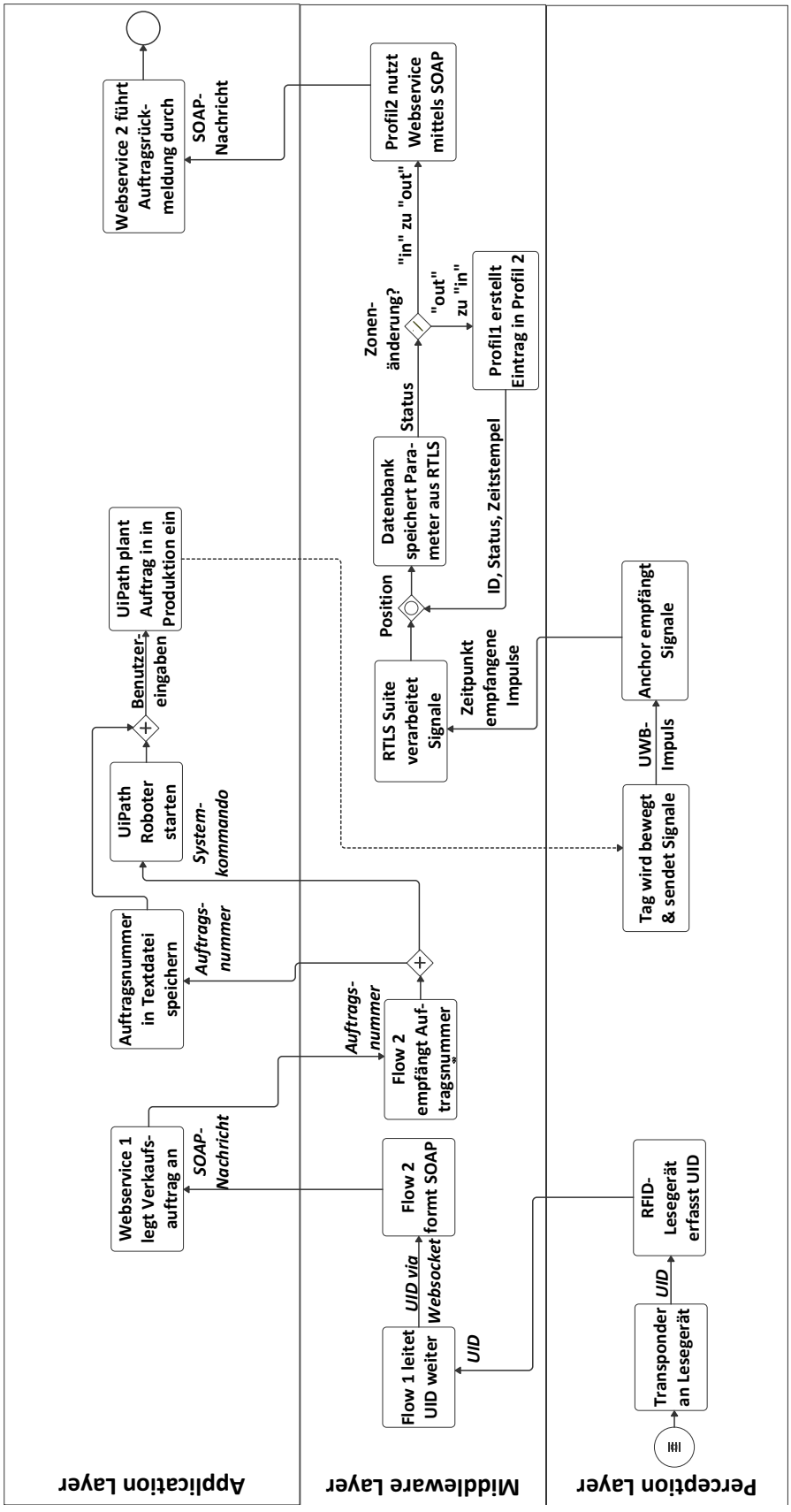


Abbildung 7: Auftragsabwicklungsprozess im Laborbeispiel

Quelle: Eigene Darstellung

6 Fazit

Im Zuge dieses Beitrags wurde untersucht, wie ein Auftragsabwicklungsprozess durch verschiedene Technologien digitalisiert und weitestgehend automatisiert werden kann. Hierfür kamen die Technologien RFID, IPS und RPA zum Einsatz. Durch das Laborbeispiel wurde die Umsetzung innerhalb einer vereinfachten Umgebung mit ausgewählter Hard- und Software realisiert. Durch die verschiedenen Technologien konnten die manuellen Systemeingaben deutlich reduziert werden, indem neun von 17 Arbeitsschritten automatisiert wurden. Ebenso konnte die Durchlaufzeit von Prozessen reduziert werden. Durch die größtenteils abteilungsübergreifenden Tätigkeiten ist erfahrungsgemäß mit einer prozessualen Durchlaufzeit von über einer Stunde zu rechnen. Durch eine konsequente Automatisierung kann diese bei Vernachlässigung der Fertigungszeit auf unter zwei Minuten verringert werden. Gleichzeitig wird die Datenkonsistenz gesteigert. Die jeweiligen Programme folgen dem Algorithmus und verarbeiten die Daten stets gleich. Dennoch ergeben sich auch entscheidende Nachteile. Der Einsatz mehrerer verschiedener Technologien benötigt ein hohes Maß an Systemverständnis aufgrund der zahlreichen Schnittstellen. Im Laborbeispiel folgen mehr als zehn verschiedene Schnittstellenaufrufe. Dies führt zum einen zu erhöhter Komplexität, zum anderen zu vermehrten Portfreigaben. Damit muss das System zwingend auch vor dem Hintergrund der Informationssicherheit betrachtet werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist die teilweise mangelnde Flexibilität der verwendeten Systeme. Besonders im Bereich von RPA können Änderungen der Benutzeroberfläche kritisch sein. Auch eine Änderung der Bildschirmauflösung muss bei der Bilderkennung berücksichtigt werden. Beim IPS sei auf die Stammdatenkonsistenz hingewiesen. Ändert sich beispielsweise der Arbeitsplan eines Produktes, muss dies ebenfalls im RTLS konfiguriert werden. Auch die verwendete Hardware muss intakt sein. An dieser Stelle sei besonders die Funktionsfähigkeit des Raspberry Pi und des IPS genannt. Im Laborbeispiel wurden limitierende Rahmenbedingungen gesetzt. In Zukunft sollte daher ein besonderer Fokus auf der Weiterentwicklung des Systems hin zu mehr Flexibilität sein. Auch die Einbindung künstlicher Intelligenz im Rahmen der Prozessautomatisierung (IPA) sollte weiter erforscht werden.

7 Literaturverzeichnis

Barton, T., Müller, C. & Seel, C. (2017): Geschäftsprozesse. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Baun, C. (2020): Computernetze kompakt: Eine an der Praxis orientierte Einführung für Studium und Berufspraxis. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Bengel, G. (2014): Grundkurs Verteilte Systeme: Grundlagen und Praxis des Client-Server und Distributed Computing. Springer Vieweg, Wiesbaden.

Bensky, A. (2016): Wireless positioning technologies and applications. Artech House, Boston, Mass.

Capgemini (2016): Robotic Process Automation - Robots conquer business processes in back offices [Online]. Abgerufen am 28.09.2021 von https://www.capgemini.com/consulting-de/wp-content/uploads/sites/32/2017/08/robotic-process-automation-study.pdf%20.

Caserio, C. & Trucco, S. (2018): Enterprise Resource Planning and Business Intelligence Systems for Information Quality: An Empirical Analysis in the Italian Setting. Springer, Cham.

Farid, Z., Nordin, R. & Ismail, M. (2013): „Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System“. In: Journal of Computer Networks and Communications. Vol. 2013, S. 1–12.

Federal Communications Commission (2002): FCC 02-48: Revision of Part 15 of the Commission’s Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems [Online]. Abgerufen am 28.09.2021 von https://transition.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Orders/2002/fcc02048.pdf.

Ferstl, O. K. & Sinz, E. J. (2013): Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. 7. Aufl., Oldenbourg, München.

Finger, P. & Zeppenfeld, K. (2009): SOA und WebServices. Springer-Verlag, Berlin.

Finkenzeller, K. (2015): RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. 7. Aufl., Hanser, München.

Follmann, R. (2018): Das Raspberry Pi Kompendium. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Gadatsch, A. (2015): Geschäftsprozesse analysieren und optimieren: Praxistools zur Analyse, Optimierung und Controlling von Arbeitsabläufen. Springer Vieweg, Wiesbaden.

Galler, S., Schroeder, J., Rahmatollahi, G., Kyamakya, K. & Jobmann, K. (2006): „Analysis and Practical Comparison of Wireless LAN and Ultra-Wideband Technologies for Advanced Localization“. In: 2006 IEEE/ION Position, Location, And Navigation Symposium. Coronado, CA, April 25-27, 2006, IEEE, S. 198–203.

Gartner (2020): Gartner Top Strategic Technology Trends for 2021 [Online]. Abgerufen am 28.09.2021 von https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021.

Hameed, A. & Ahmed, H. A. (2018): „Survey on indoor positioning applications based on different technologies“. In: 2018 12th MACS. Karachi, Pakistan, 11/24/2018 - 11/25/2018. Piscataway, NJ, IEEE, S. 1–5.

Hammer, M. & Champy, J. (1993): Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution. HarperBusiness, New York, NY.

Hierzer, R. (2020): Prozessoptimierung 4.0: Den digitalen Wandel als Chance nutzen. 2. Aufl., Haufe Group, Freiburg im Breisgau.

Hofmann, P., Samp, C. & Urbach, N. (2020): „Robotic process automation“. In: Electronic Markets. Vol. 30, No. 1, S. 99–106 [Online]. doi: 10.1007/s12525-019-00365-8.

Jabraeil Jamali, M. A., Bahrami, B., Heidari, A., Allahverdizadeh, P. & Norouzi, F. (2020): Towards the Internet of Things. Springer International Publishing, Cham.

Jeschke, S., Brecher, C., Meisen, T., Özdemir, D. & Eschert, T. (2017): „Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems“. In: Jeschke, S., Brecher, C., Song, H. & Rawat, D. B. (Hg.), Industrial Internet of Things. Springer International Publishing, Cham, S. 3–19.

Kern, C. (2006): Anwendung von RFID-Systemen. Springer, Berlin.

Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R. & Khan, S. (2012): „Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges“. In: 2012 10th FIT. Islamabad, Pakistan, 12/17/2012 - 12/19/2012, IEEE, S. 257–260.

Koubâa, A. & Jamâa, M. B. (2013): „Taxonomy of Fundamental Concepts of Localization in Cyber-Physical and Sensor Networks“. In: Wireless Personal Communications. Vol. 72, No. 1, S. 461–507.

Kurbel, K. (2016): Enterprise resource planning and supply chain management in der Industrie: Von MRP bis Industrie 4.0. 8. Aufl., Walter de Gruyter GmbH, Berlin, Boston.

Lampe, M., Flörkemeier, C. & Haller, S. (2005): „Einführung in die RFID-Technologie“. In: Fleisch, E. & Mattern, F. (Hg.), Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 69–86.

Langmann, C. & Turi, D. (2020): Robotic Process Automation (RPA) - Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

Lekic, M. & Gardasevic, G. (2018): „IoT sensor integration to Node-RED platform“. In: 2018 17th INFOTEH. East Sarajevo, 3/21/2018 - 3/23/2018, IEEE, S. 1–5.

Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P. & Liu, J. (2007) „Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems“. In: IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), Vol. 37, No. 6, S. 1067–1080.

Lobster DATA (2018): Lobster_data Handbuch für Einsteiger [Online]. Abgerufen am 28.09.2021 von https://www.lobster-world.com/wp-content/uploads/2018/10/Lobster_data_Einsteiger_Handbuch_2018.pdf.

Melzer, I. (2010): Service-orientierte Architekturen mit Web Services: Konzepte – Standards – Praxis. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Microsoft (2019): SQL Server Management Studio (SSMS) [Online]. Abgerufen am 22.07.2021 von https://docs.microsoft.com/de-de/sql/ssms/sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver15.

Molloy, D. (2016): Exploring Raspberry Pi: Interfacing to the real world with embedded Linux. John Wiley & Sons Inc, Indianapolis, IN.

Retscher, G. & Kistenich, M. (2006): „Vergleich von Systemen zur Positionsbestimmung und Navigation in Gebäuden“. In: ZfV – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. Vol. 131, No. 1, S. 25–35.

S.K.V. Jayakumar, Singh, J. & Joseph, K. S. (2014): „Suitable QoS Parameters Survey for Standard Web Services & Web Applications to Understand their Cloud Deployability“. In: International Journal of Computational Intelligence and Informatics. Vol. 4, S. 1–18.

Scheer, A.-W. (2020): Unternehmung 4.0. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

Sewio Networks (o. J.): Real-Time Location System (RTLS) on Ultra-wideband | Sewio RTLS [Online]. Abgerufen am 28.09.2021 von https://www.sewio.net/real-time-location-system-rtls-on-uwb.

Siderska, J. (2020): „Robotic Process Automation — a driver of digital transformation?“. In: Engineering Management in Production and Services. Vol. 12, No. 2, S. 21–31.

Smeets, M., Erhard, R. & Kaußler, T. (2019): Robotic Process Automation (RPA) in der Finanzwirtschaft. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

Tamm, G. & Tribowski, C. (2010): RFID. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.

Taulli, T. (2020): The Robotic Process Automation Handbook. Apress, Berkeley, CA.

Thiesse, F. (2005): „Architektur und Integration von RFID-Systemen“. In: Fleisch, E. & Mattern, F. (Hg.), Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und

RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 101–117.

Vaddi, S. & Mohanty, H. (2019): „Webservice Specification and Discovery“. In: Mohanty, H. & Pattnaik, P. K. (Hg.), Webservices. Springer Singapore, Singapore, S. 25–51.

van der Aalst, W. M. P., Bichler, M. & Heinzl, A. (2018): „Robotic Process Automation“. In: Business & Information Systems Engineering. Vol. 60, No. 4, S. 269–272.

vom Brocke, J. & Rosemann, M. (2014): Handbook on Business Process Management 1: Introduction, Methods, and Information Systems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

W3C (2017): Web Services Architecture Requirements [Online]. Abgerufen am 28.09.2021 von https://www.w3.org/TR/wsa-reqs/.

Wang, V., Salim, F. & Moskovits, P. (2013): The Definitive Guide to HTML5 WebSocket. Apress, Berkeley, CA.

Wiendahl, H.-H. (2011): Auftragsmanagement der industriellen Produktion. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Zaheeruddin & Gupta, H. (2020): „Foundation of IoT: An Overview“. In: Alam, M., Shakil, K. A. & Khan, S. (Hg.), Internet of Things (IoT). Springer International Publishing, Cham, S. 3–24.

Digitale Transformation produktionsnaher Prozesse in KMUs des metallverarbeitenden Gewerbes

Lars Eberhardt

Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Konrad-Zuse-Straße 2, 97421 Schweinfurt, lars.eberhardt@fhws.de

Alexander Dobhan

Professor für Business Process Management and Business Application, Leiter ERP- und FIS-SAP-Labor, Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Konrad-Zuse-Straße 2, 97421 Schweinfurt, alexander.dobhan@fhws.de

Michael Heidenreich

Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Heidestraße 3/1, 71296 Heimsheim, heidenreich-michael@gmx.net

Felix Markert

Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Uhlandstraße 18, 97072 Würzburg, markert.felix@outlook.de

1 Einleitung 213

2 Stammdatenpflege 215

3 Reihenfolgeplanung 220

4 Produktionsdatenerfassung 224

5 Werkzeugverwaltung 227

6 Entscheidungen in IoT-Architekturen 231

7 Zusammenfassung 234

8 Literaturverzeichnis 236

Abstract:

Die Potentiale der Digitalisierung für kleine und mittlere Unternehmen KMU sind heute allgemein anerkannt (vbw, 2017 und Kahn et al., 2012). Diesen Potentialen gegenüber stehen die Ressourcenstrukturen von KMUs, welche im Durchschnitt eine ältere Belegschaft und weniger spezialisierte Experten aufweist (Calzavera et al., 2020, Akyazi et al., 2020 und Lee et al., 2009). Dieser Artikel beschreibt mit Fallbeispielen, auf welche Weise die digitale Transformation produktionsnaher Prozesse in KMUs des metallverarbeitenden Gewerbes mit einem Fokus auf die Application Layer erfolgen kann. Die Fälle gehören zum Forschungsprojekt OBerA, das von der bayerischen Regierung initiiert wurde. Im Detail handelt es sich um folgende vier Fallbeispiele aus dem Geschäftsprozess des Produktionsbereiches:

- *KI-basierte Stammdatenpflege von Preisen und Werkzeugen*
- *Heuristisches Planungsverfahren zur hybriden Make-To-Stock-(MTS) und Make-To-Order-(MTO) Planung*
- *Produktionsdatenerfassung für die Auftragsbuchung*
- *Werkzeugverwaltung in KMUs*

Zusätzlich zu den Anwendungsfällen wird die Entscheidungsfindung bezüglich IoT-Architekturen, als übergreifendes Thema, untersucht. Jeder der Anwendungsfälle basiert auf einer Forschungsagenda und zielgerichteten Methoden. Daher werden hauptsächlich qualitative Erhebungsmethoden (wie Interviews, Umfragen, Beobachtungsprotokolle und andere) gewählt. Als Ergebnis der Anwendungsfälle und der Recherche zur IoT-Architektur wurden einige Faktoren identifiziert, um das Potential der Digitalisierung mit den vorhandenen Ressourcen in metallverarbeitenden Unternehmen erfolgreich zu nutzen. Über alle Ergebnisse hinweg ist die Betonung der beiden Aspekte Einfachheit und Anschlussfähigkeit hervorzuheben.

JEL Classification: L690 Industry Studies: Manufacturing: Other

Keywords: case studies, heuristic production planning, KI, Master Data Maintenance, metalworking industry, SME, quotation costing, IoT-Architecture, Target/actual comparison, Tool Management.

1 Einleitung

Das Umfeld von produzierenden Unternehmen unterliegt seit Jahren einem stetigen und schnellen Wandel. Das Internet of Things (IoT) und die Industrie-4.0-Initiativen zeigen zahlreiche Potentiale und Entwicklungsmöglichkeiten zur Umsetzung von digitalen Geschäftsprozessen innerhalb der Produktion auf (Wan et al., 2016). Diese Potentiale für kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs) sind heute allgemein anerkannt (vbw, 2017; Khan et al., 2012). Deren Realisierung gegenüber steht vor allem die Ressourcenstruktur der KMUs. Im Mittel haben die Betriebe eine ältere Belegschaft, die mit neuen Anforderungen an ihre Fähigkeiten konfrontiert sind. Darüber hinaus sind oft keine, oder nur wenige spezialisierte Experten vorhanden (Calzavera et al., 2020; Akyazi, et al., 2020; Lee et al., 2009). Dies zeigt auch die Verteilung der IKT-Fachkräfte (Informations- und Kommunikationstechnologie) in Abbildung 1. Um Lösungen für diese Problematik zu entwickeln, wurde das Forschungsprojekt OBerA[41] vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie initiiert.

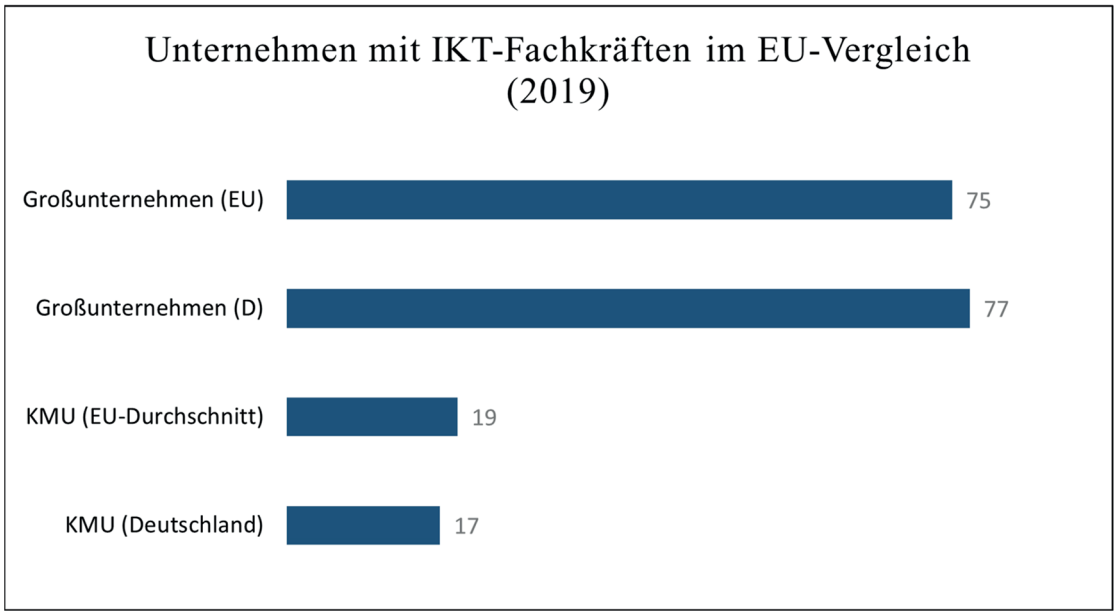


Abbildung 1: Verteilung der IKT-Fachkräfte auf die Unternehmensklassen in Deutschland und der EU (Schröder, 2020)

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, Transparenz zwischen geplanten und realen Produktionsabläufen zu schaffen und auf dieser Basis die digitale Transformation einzelner Prozessschritte und Prozesse zu erreichen. In Use Cases soll exemplarisch aufgezeigt werden, auf welche Weise die digitale Transformation von Prozessschrit-

[41] Optimierung von Prozessen und Werkzeugmaschinen durch Bereitstellung, Analyse und Soll-Ist-Vergleich von Produktionsdaten

ten unter Berücksichtigung der zuvor aufgezeigten Barrieren in KMUs erreicht werden kann. In Summe wurden im Projekt OBerA zehn relevante Use Cases von den Projektpartnern initiiert. Dieser Artikel fokussiert sich auf Use Cases, die sich durchgängig auf die Application Layer einer Internet of Things(IoT)-Architektur beziehen. Als IoT-Architektur wird dabei in Anlehnung an den Begriff IT-Architektur die Organisation von Anwendungen, Daten und I(o)T-Infrastruktur bezeichnet, die in einer Sammlung von Richtlinien und technischen Entscheidungen, mit dem Ziel die Unternehmensstrategie umzusetzen, verwirklicht wird (Ross 2003, 2).

Grundsätzlich wurden in der Literatur zahlreiche unterschiedliche Architekturen vorgestellt. Die hier verwendete 5-Layer-Architektur nach Khan et al. (2012) und Dobhan et al. (2021) in Abbildung 2 zeichnet sich unter anderem durch die Business Layer, die sich auf die Geschäftsprozesse bezieht, aus. Die Application Layer beinhaltet die Anwendungssoftware in Unternehmen. Die restlichen Layer dienen den Programmen der Application Layer zur Bereitstellung von Inputdaten oder bei der Weiterverarbeitung des Programmoutputs.

Business Layer	✓ System Management ✓ Geschäftsmodelle ✓ Geschäftsprozessmodelle
Application Layer	✓ Anwendungssoftware (z.B. Business Apps oder andere Geschäftssoftware, wie ERP-System oder BI-Tools)
Middleware Layer	✓ Integrationskonzepte ✓ Datenbanken ✓ Architekturen und Plattformen
Network Layer	✓ Übermittlungsprotokolle (wie z.B. http, LTE, 5G, etc.) ✓ Kommunikationsinfrastruktur
Perception Layer	✓ Sensoren ✓ Physische Objekte

Abbildung 2: IoT-Architekturmodell (Kahn et al., 2012; Dobhan et al., 2021)

Der vorliegende Artikel beschreibt die Use Cases des Projektes OBerA, die einen Bezug zur Application Layer besitzen. Dabei soll fallbeispielhaft der Forschungsfrage nachgegangen werden:

Auf welche Weise kann die digitale Transformation produktionsnaher Prozesse in KMUs des metallverarbeitenden Gewerbes mit einem Fokus auf die Application Layer erfolgen?

Diese Frage wird im folgenden Artikel anhand der Projekt-Use-Cases „Stammdatenpflege“, „Reihenfolgeplanung“, „Werkzeugverwaltung“ und „Produktionsdatenerfassung “ untersucht. Die von den Praxispartnern initiierten Use Cases folgen dabei einem typischen Geschäftsprozess im Produktionsbereich (siehe Abbildung 3).

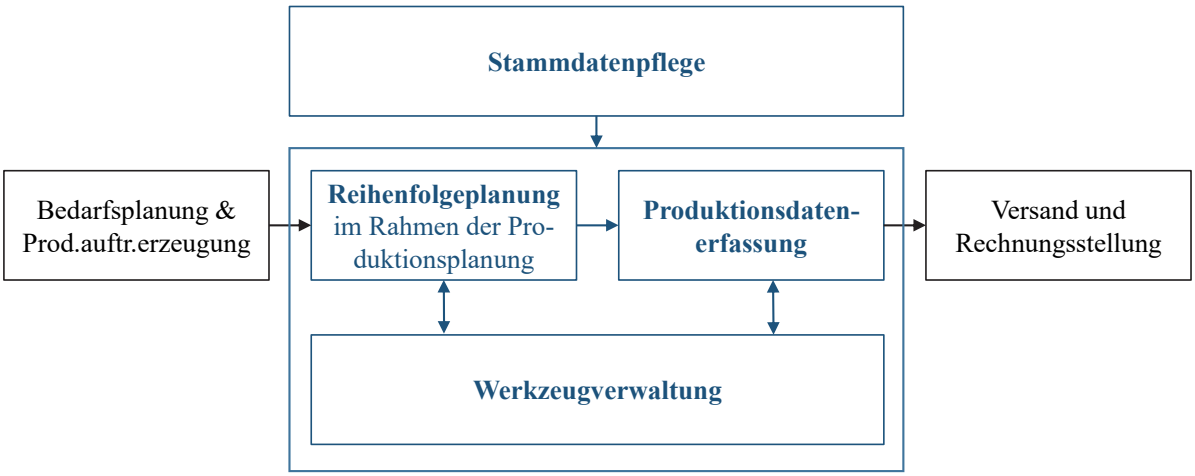


Abbildung 3: Logischer Zusammenhang der Use Cases

Nach der Stammdatenpflege, die die Voraussetzung für nahezu alle ERP-basierten produktionsnahen Tätigkeiten ist, werden die Produktionsaufträge auf Basis der Daten aus dem Vertrieb erzeugt und terminiert. Mit der Freigabe werden zudem mögliche Werkzeuge zur Verfügung gestellt (Werkzeugverwaltung) und schließlich die Auftragsdaten erfasst. Dabei wird für jeden Use Case die allgemeine Forschungsfrage weiter spezifiziert, nachdem kurz der jeweilige Use Case motiviert wurde. Daraufhin wird das methodische Vorgehen im jeweiligen Use Case beschrieben, bevor die Ergebnisse dargestellt werden. Im Anschluss daran werden jeweils die Limitationen der zugrundeliegenden Forschung aufgezeigt und die Ergebnisse in die bestehende Literatur eingeordnet. Abschließend erlaubt ein Ausblick Implikationen für die weitere Erforschung. Darüber hinaus werden Use-Case-übergreifende Forschungsergebnisse zu „Entscheidungen zu IoT-Architekturen“ eingeführt.

2 Stammdatenpflege

Digitale Transformation erfordert Datenpflege. Vertriebsprozesse können nicht ohne Lieferantenstammdaten, wie Adresse oder Zahlungskonditionen, digitalisiert werden, die Produktionsplanung in einem ERP-System würde ohne Stücklisten, Arbeitspläne oder Dispositionsparameter scheitern, und die Finanzabteilung würde nicht von digitalen Workflows profitieren, wenn Buchhaltungsdaten wie Konten oder Buchungsinformationen schlecht gepflegt sind (Zillmann, 2017; Haug et al., 2013). Gerade KMUs haben dabei auf Grund von begrenzten Ressourcen Probleme (Singh & Singh, 2022). Besondere Herausforderungen können sich hierbei bei der Digitalisierung von sich wenig wiederholenden Vorgängen, wie sie im Engineer-To-Order(ETO)-Umfeld vorkommen, ergeben. Hier werden die Produkte kundenspezifisch entwickelt (Pandit

& Zhu, 2007). Aufwändig zu pflegende Stücklisten und Arbeitspläne können – wenn überhaupt – nur in Teilen wiederverwendet werden. ERP-Systeme bieten dafür Musterkalkulationen für typische Produktkonfigurationen an. Die Qualität dieser Funktionalitäten hängt allerdings sowohl von der Ähnlichkeit der Produkte als auch von den gepflegten Daten ab. Vor allem Letzteres ist mit einem immens hohen Aufwand allein für die Angebotskalkulation verbunden. Ein weiteres relevantes Problem stellt die Auswahl der richtigen Werkzeuge dar, wenn der Arbeitsplan gepflegt ist. Helfen kann hier, die Ähnlichkeit zwischen verschiedenen Aufträgen und Angeboten zu erkennen und so aus Aufträgen der Vergangenheit Rückschlüsse für den aktuellen Auftrag oder den aktuellen Arbeitsplan zu ziehen. Zur Lösung dieser Problemstellung eignen sich Machine-Learning(ML)-Modelle und hier insbesondere Künstliche Neuronale Netze (KNN). Diese werden mit Vergangenheitsdaten trainiert und können je nach Modell, Situation und Trainingsdaten, Entscheidungen im aktuellen Kontext übernehmen (Ziegler et al., 2021). KNNs als intelligente[42] Methoden können aber nur entsprechend effizient und effektiv eingesetzt werden, wenn die Voraussetzungen für den Einsatz von den KMUs geschaffen werden (Schkarin und Dobhan, 2022). Für die digitale Transformation produktionsnaher Geschäftsprozesse in KMUs sind im Kontext der Datenpflege also für die Anwendung und aus wissenschaftlicher Sicht nachfolgende zwei Fragestellungen relevant:

- Welche Voraussetzungen müssen von KMUs für einen erfolgreichen Einsatz intelligenter Methoden zur digitalen Transformation in der Produktionsreihenfolgeplanung geschaffen werden?
- Wie können Machine-Learning-Methoden bei der Datenpflege im Rahmen der digitalen Transformation in KMUs (hier im ETO-Prozess) unterstützen?

Während die zweite Fragestellung getrieben von zwei konkreten Anwendungsfällen im ETO-Kontext verortet ist, wird die erste Fragestellung auf die Reihenfolgeplanung konkretisiert, weil diese als produktionsnahe Aufgabe für alle am Projekt beteiligten Unternehmen von hoher Relevanz ist.

Die unterschiedliche Herangehensweise an die beiden Fragestellungen bedingt auch unterschiedliche *Methoden* (Schkarin und Dobhan, 2022; Ziegler et al., 2021). Zur Sicherstellung einer unternehmensübergreifenden Ausrichtung bei der Beantwortung der ersten Fragestellung dienen Experteninterviews. Der Interviewleitfaden wurde auf Basis einer breit angelegten, systematischen Literaturanalyse erstellt (Webster und Watson, 2002). Die Literaturanalyse umfasst Quellen der Adoption Theory und der AI-Readiness-Forschung (z. B. Jöhnk et al., 2021) genauso wie solche, die sich

[42] Unter intelligenten Methoden werden hier Methoden der Künstlichen Intelligenz verstanden. Im Hinblick auf Künstlicher Intelligenz wird hier der Definition von Rich (1983) gefolgt, wonach von Künstlicher Intelligenz die Rede ist, wenn Computer Dinge tun, die im Moment Menschen besser können.

explizit auf Anwendungsvoraussetzungen beziehen und im Zuge einer entsprechenden Stichwortsuche in verschiedenen Datenbanken gefunden wurden. Die für die Forschungsfrage relevanten Quellen wurden dann entsprechend der Dimensionen Expertise, Ausstattung, Soft facts, KMUs und Reihenfolgeplanung eingruppiert. Diese Kategorien bilden auch die Grundlage für den Gesprächsleitfaden für das Experteninterview zur Beantwortung der Forschungsfragen. Neun Experten, die sich als solche durch ihre beruflichen Aktivitäten und Erfahrungen im KI-Umfeld auszeichnen, beantworteten im Rahmen von semi-strukturierten Interviews die Fragen, die gemäß einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet wurden (Kuckartz, 2019; Schkarin und Dobhan, 2022). Die Antworten ergänzen die Erkenntnisse aus dem Literaturüberblick. (Schkarin und Dobhan, 2022)

Deutlich anwendungsfallspezifischer ist die zweite Fragestellung zur Datenpflege, die sich direkt auf die Umsetzung von Künstlicher Intelligenz in einem KMU bezieht. Der Einsatz folgte dem CRISP-DM Modell (Wirth und Hipp, 2000). Um den Geschäftskontext zu verstehen, dient eine Geschäftsprozessanalyse mit Hilfe der Business Process Modelling and Notation (BPMN) zur Darstellung der Prozesse (siehe Abbildung 4). Dabei wurde der relevante Teil des Engineer-To-Order Prozesses bei der Franken GmbH & Co. KG, einem Hersteller von Präzisionswerkzeugen und OBerA-Projektpartner, untersucht und auch in Zusammenhang mit bislang veröffentlichten Forschungsarbeiten betrachtet (Ziegler et al., 2021). Dadurch wurden die Probleme, zu deren Lösung KI angewendet werden sollte, präzisiert.

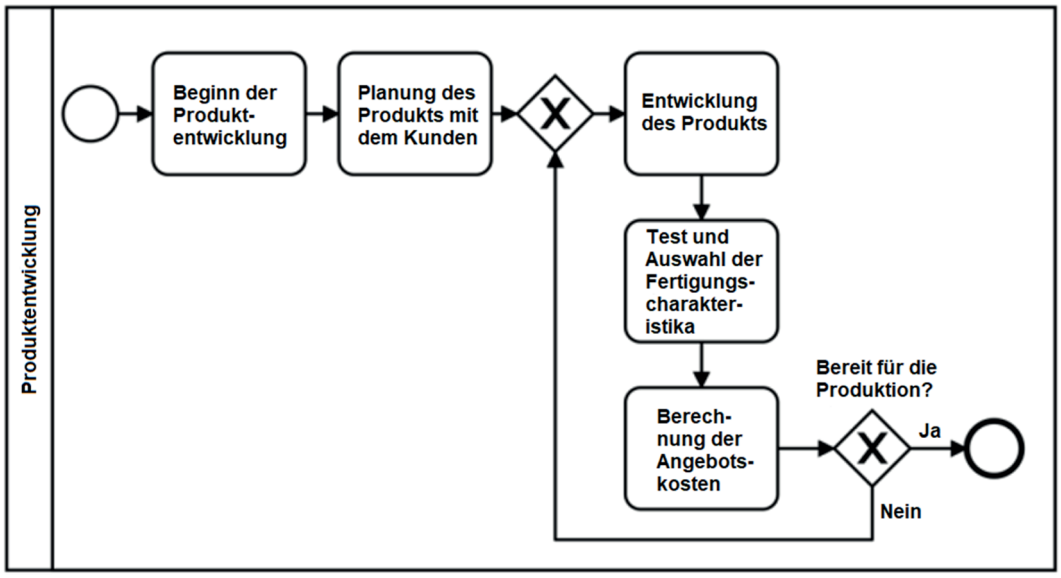


Abbildung 4: BPMN der Produktentwicklung in einem ETO-Prozess (Ziegler et al., 2021)

Die Anwendung erfolgte - wie in Ziegler et al. (2021) beschrieben wurde - mit Hilfe zweier Multi-Layer-Perceptrons (MLP) für die Angebotskalkulation (Regression) und die Werkzeugauswahl (Klassifikation). In einem Simulationsexperiment wurden

auf Basis für 52 Produkteigenschaften in den Rohdaten, die bereits bei der Angebotserstellung verfügbar sein mussten, und über 4000 Datensätzen die neuronalen Netze trainiert und getestet. Dabei wurde dem für Simulationsexperimente typischen Vorgehen z. B. nach Berger et al. (2018, S. 3–8) gefolgt. Die Modell- und Ergebnisqualität wurde dann für die Angebotskalkulation mit Hilfe des Mean Absolute Errors (MAE) und für die Werkzeugauswahl mit Hilfe des Jaccard-Index durchgeführt. (Ziegler et al., 2021)

Die *Ergebnisse* der Literaturanalyse und der Experteninterviews in Schkarin und Dobhan (2022) zeigen zunächst, dass als Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von Künstlicher Intelligenz in KMUs die allgemeinen, nicht größen- oder bereichsspezifischen Voraussetzungen geschaffen werden müssen. Dazu zählen das Vorhandensein von ausreichenden Hardwareressourcen und einer entsprechenden Netzwerkinfrastruktur, sowie Geschäftsapplikationen als Datenlieferanten. Im Bereich der Expertise sind zum einen KI-spezifische Kompetenz zum anderen aber auch soziale Fähigkeiten gefordert. Eine weitere wichtige Komponente ist der Aufbau von Vertrauen bei den KI-Anwendern. Darüber hinaus müssen die entsprechenden zeitlichen, finanziellen und menschlichen Ressourcen zur Verfügung stehen, sowie ein entsprechender Methodenbaukasten und fachspezifisches Wissen im Unternehmen verbreitet sein. Neue Erkenntnisse liefern die Ergebnisse der Experteninterviews. Hier wird deutlich, dass die Voraussetzungen anwendungsfallspezifisch und damit bis zu einem gewissen Grad auch bereichsspezifisch sind. Für die Reihenfolgeplanung sind teilweise andere Voraussetzungen notwendig als zum Beispiel für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz bei Maschinen im medizinischen Bereich. Hinsichtlich der Unternehmensgröße ergibt sich kein klares Bild. Während einzelne Veröffentlichungen zur Adoption Theory eher davon ausgehen, dass die Unternehmensgröße entscheidend ist, wird in der Expertenstudie in Schkarin und Dobhan (2022) eher die Bedeutung des Anwendungsfalls unabhängig von der Unternehmensgröße beschrieben. Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse dieser Studie im Vergleich zu den drei Modellen der Adoption Theory und der AI Readiness Forschung (Alsheibani et al., 2018, 2019; Jöhnk et al., 2021; Bettoni et al., 2021).

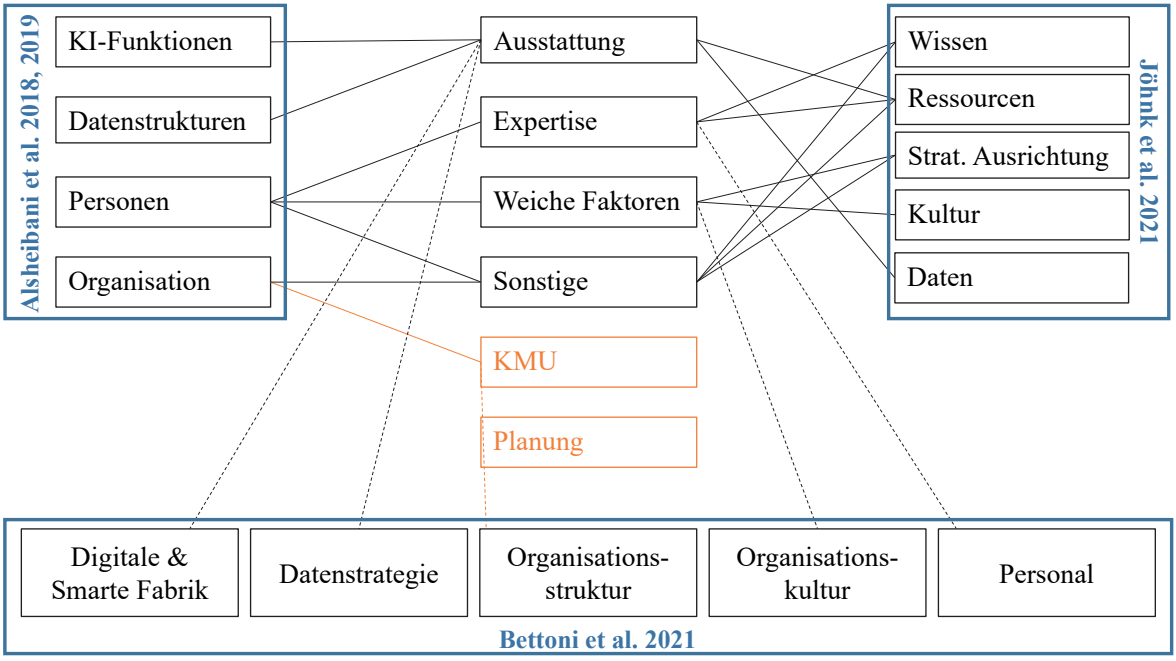


Abbildung 5: Theoretische Modelle im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen von Schkarin und Dobhan (2022)

Im Hinblick auf den Anwendungsfall des KI-Einsatzes im ETO-Prozess der Franken GmbH Co. KG in Ziegler et al. (2021) bestätigen sich diese Voraussetzungen. So wurden entsprechende Ressourcenvoraussetzungen geschaffen und durch entsprechendes Training seitens der KI-Experten Vertrauen und Kompetenz auch im Unternehmen geschaffen. Dazu zählt auch, zunächst gut abgrenzbare Probleme mit einem kleinen Anwenderkreis auszuwählen, um hier individuell auf Probleme und zukünftige Anwender eingehen zu können. Um die Akzeptanz und das Vertrauen zu steigern, müssen die Ergebnisse, die mit der Künstlichen Intelligenz erzielt werden, zumindest genauso gut oder besser sein als beim bisherigen Vorgehen. Dies war bei beiden vorliegenden Problemen für die Projektdaten der Fall. Im Zuge der Angebotskalkulation wurde für die im Projekt vorliegenden Daten ein MAE von 7 Euro erzielt vom nachträglichen im Auftragsfalle kalkulierten Preis. Dies entspricht dem Genauigkeitsniveau, das auch die manuelle, Excel-basierte Kalkulation erreichte. Bei der Werkzeugselektion wurde ein Jaccard-Index von 95,2% erreicht, wobei die Wahrscheinlichkeit sogar bei über 97% lag, dass in einem Werkzeugpaket das richtige Werkzeug enthalten ist. (Ziegler et al., 2021)

Klar aufzuzeigen sind in diesem Zusammenhang allerdings auch die *Limitationen* der Untersuchungen (Schkarin und Dobhan, 2022; Ziegler et al., 2021). Im Hinblick auf die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse und der Literaturanalyse ist darauf hinzuweisen, dass die Suche auf einige Datenbanken und ausschließlich deutsch- und englischsprachige Artikel beschränkt wurde. Gleichzeitig erhöht das Vorgehen, die Literaturanalyse in einen modellbezogenen Teil zur Adoption Theory und in einen zwei-

ten systematischen, auf Vollständigkeit bedachten Teil zu den Voraussetzungen einzuteilen, die Komplexität. Im Hinblick auf die Experteninterviews ist es zum einen die begrenzte Anzahl an Experten, die nur Indizien liefern kann, zum zweiten der Ansatz, zunächst überhaupt erstmal die Existenz bereichsspezifischer und unternehmensgrößenabhängige Anwendungsvoraussetzungen für KI zu identifizieren. Dadurch bleibt die Frage offen, welche Anwendungsvoraussetzungen für welche Bereiche berücksichtigt werden müssen und wie in der praktischen Anwendung damit umzugehen ist. Die Schwierigkeiten bei der Anwendung von Künstlicher Intelligenz haben sich auch im weiteren Verlauf der beiden Anwendungsfälle gezeigt. Hier mussten nach dem GoLive noch Nachjustierungen sowohl hinsichtlich der Interpretationsmöglichkeit der Ergebnisse als auch im Hinblick auf die Erweiterung der Datenbasis geschaffen werden. (Schkarin und Dobhan, 2022; Ziegler et al., 2021)

Als *Zusammenfassung* lässt sich trotz dieser Limitationen allerdings festhalten, dass sowohl die Ergebnisse zur den KI-Voraussetzungen als auch die Ergebnisse der Machine-Learning-Anwendungsfälle Wege aufzeigen, wie die Künstliche Intelligenz auch in KMUs zur Datenpflege im Rahmen der digitalen Transformation von produktionsnahen Prozessen beitragen kann. Weitere Forschungsarbeiten sollten auf den gewonnenen Erkenntnissen aufbauen. Das bedeutet, es ist zu untersuchen, wie anwendungsfallspezifische Voraussetzungen identifiziert und gehandhabt werden können und Beispiele für derartige Voraussetzungen über mehrere Unternehmen hinweg gegeben werden. Daneben sollte die KI-basierte Pflege von Stammdaten auf weitere Bereiche ausgeweitet werden und damit einhergehend auch die Stammdatenqualität bestimmt werden. Neben der KI-basierten Stammdatenpflege dürfte auch eine KI-basierte Belegerkennung zur Erhöhung des Automatisierungsgrades bis hin zu der Entwicklung eines autonomen ERP-Systems in ERP-basierten Prozessen beitragen.

3 Reihenfolgeplanung

Nach der Datenpflege stellt sich die Frage nach der Planung von Produktionsaufträgen. KMUs unterliegen grundsätzlich einer Vielzahl von Herausforderungen, zu denen auch die Anpassungsfähigkeit der Produktion auf äußere Veränderungen zählt (Kummer et al., 2008). Die Anpassungsfähigkeit ist hierbei als die Flexibilität zur Anpassung selbst und die Zeit, welche bis zur Anpassung an die neuen Bedingungen verstreicht, zu verstehen. Rein praktisch bedeutet dies, wie gut eine Firma auf äußere Einflüsse reagieren kann und welche Zeit bis zum Inkrafttreten dieser Änderungen verstreicht. Verändern sich beispielsweise Auftragslosgrößen auf Grund von Umweltveränderungen, müssen gerade KMUs in der Lage sein, schnell darauf zu reagieren. So entstehen bei kleinen Losgrößen zusätzliche Rüstaufwände und die Gesamtkomplexität im System steigt an. Wurden zuvor mannlos über Nacht große Lose produziert, erfordern kleine Lose nun in allen Schichten qualifiziertes Personal zum Rüsten. Diese Änderungen beeinflussen direkt die Deckungsbeiträge und die Kosten.

Eine Möglichkeit für KMUs, diese Anforderungen in ihren Produktionsprogrammen zu berücksichtigen, ist eine Mischform aus auftragsbezogener (make-to-order) und lagerbezogener (make-to-stock) Produktion (Rocha et al., 2015). Darüber hinaus existiert noch eine ganze Bandbreite an weiteren Methoden bzw. Lösungsansätzen, um die Flexibilitätsanforderungen in der Produktion zu adressieren. Hierbei kommen mathematische Optimierungsverfahren und -algorithmen, Prioritätsregeln und Optimierungen mit künstlicher Intelligenz zum Einsatz. Was sich für viele dieser Vorgehensweisen jedoch allgemein ausleiten lässt, ist der hohe Bedarf an Produktionsdaten und häufig ein Mangel an Praxistauglichkeit oder an Optimalität (Kurbel, 2016). Während Großunternehmen oft noch in der Lage sind, die entsprechenden Daten zu pflegen und Experten dafür einzustellen, finden die Methoden in KMUs oft keine Anwendung und die Produktionssteuerung wird mit einfacher Terminplanung oder dem intuitiven Gespür der Mitarbeiter flexibel gehalten. Eine Umfrage unter den vier mittelständischen Maschinenbetreibern im Forschungsprojekt OBerA unterstreicht diese Annahme und liefert genauere Informationen über die Anforderungen an die Produktionsprogrammplanung aus mittelständischer Sicht. Abbildung 6 zeigt, dass die Verfügbarkeit und die Integration der Planung in die bestehende Systemlandschaft, neben der Nachvollziehbarkeit, sowie der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, von allen Praxispartnern als relevant eingestuft wurden. Darüber hinaus herrscht Einigkeit darüber, dass sich die Planung schnell aktualisieren lassen soll und von der aktuellen Belegschaft bedienbar sein muss.

Anforderung	**Nennung**
Verfügbarkeit der Planung	100%
Integrierte Planung	100%
Nachvollziehbarkeit	100%
Reproduzierbarkeit der Ergebnisse	100%
Schnelle Aktualisierung	75%
Keine Spezialisten mit Kompetenz in Produktion und Logistik	75%

Tabelle 1: Anforderungen der OBerA-KMUs an die Reihenfolgeplanung

Entsprechend stellt sich zunächst die Frage, inwiefern die bereits existierenden Planungsmodelle für KMUs geeignet sind und – zur Identifikation der wichtigsten Einflussgrößen auf den Produktionsplan – welche Parameter für die Produktionsplanung von Bedeutung sind. Sind die Parameter bekannt, können die bestehenden Modelle vor dem Hintergrund der Anforderungen der Projektpartner evaluiert und falls notwendig angepasst werden.

Werden die Anforderungen der Projektpartner mit der Flexibilität, die eine MTO-/MTS-Produktion bieten kann, verknüpft, stellt sich also nachfolgende Frage:

Welche Parameter sind bei Methoden zur Produktionsplanung in einer flexiblen MTO-/MTS-Umgebung von Bedeutung und wie können mittelständische Unternehmen diese Parameter im Rahmen der digitalen Transformation der Produktionsplanung berücksichtigen?

Um auf der bisherigen Forschung aufzubauen, wurden im Zuge einer Literaturrecherche sieben aktuelle Forschungsbeiträge identifiziert, die sich mit der hybriden (make-to-order und make-to-stock) Produktionsplanung befassen (Beemsterboer et al., 2016; Chang et al., 2010; Hadj et al., 2009; Renna, 2016; Soman et al., 2006; Zhang et al., 2015; Zhang et al., 2013). Auf diese sieben Beiträge wurde eine strukturierte Inhaltsanalyse als *Methodik* angewendet, mit deren Hilfe die verwendeten Parameter der Produktionsplanung identifiziert werden. Bei der angewendeten Inhaltsanalyse handelt es sich um das sogenannte Vertiefungsmodell. Hierbei werden im ersten Schritt mögliche signifikante Parameter quantitativ bestimmt und im nächsten Schritt qualitativ ausgewertet (Hug et al., 2010). Eine zentrale Bedeutung kommt hierbei der Frequenzanalyse zu. Mit Hilfe der Frequenzanalyse wird die Wichtigkeit einzelner Parameter bestimmt; hierbei gilt, je häufiger ein Begriff im Text zu finden ist, desto wichtiger ist er (Weber, 2015). Die Ergebnisse der Frequenzanalyse werden einer Plausibilitätsprüfung unterzogen, codiert und letztlich inhaltlich untersucht (Weber, 2015). Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse fließen dann wiederum in eine prioritätsbasierte Heuristik ein. Im Zuge dessen wurde das Produktionsplanungsproblem auf ein Reihenfolgeplanungsproblem, das für die relevanten Projektpartner von hoher Bedeutung war, reduziert. Prioritätsbasierte Heuristiken sind ein erprobtes Mittel, um Komplexität aus Terminierungsproblemen zu eliminieren (Heger, 2014). Diese Komplexitätsreduktion adressiert die mitarbeiterbezogenen Anforderungspunkte Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit, die in direkter Verbindung damit steht, dass die kleinen und mittelständischen Unternehmen keine Spezialisten einstellen können. Weiterhin hilft die reduzierte Komplexität, eine einfache Integrierung in Fremdsysteme zu ermöglichen. Beispielhaft sei hier der zuständige Projektpartner genannt, der die neuen Regeln in verhältnismäßig kurzer Zeit in die bestehende SAP-Installation implementieren und in Betrieb nehmen konnte. Ein weiteres markantes Merkmal von Heuristiken ist die Tatsache, dass der Verzicht auf die optimale Lösung dazu führt, dass kurzfristige Aktualisierungen möglich sind. Dies adressiert direkt die schnelle Aktualisierung der Planung und indirekt die Verfügbarkeit in der Produktionssteuerung (Jaehn und Pesch, 2014).

Als *Ergebnis* der Frequenzanalyse konnten 8340 Wortkombinationen identifiziert werden, von denen 76 den Kriterien der Plausibilitätsprüfung entsprochen haben. Durch die strukturierte Inhaltsanalyse auf Basis der gewählten Codierung wurden 4

Parameter als häufigste Parameter identifiziert. Es handelt sich hierbei um die Parameter:

- Höhe des Lagerbestandes
- Durchlaufzeit der Produkte
- Nachfrage nach den verschiedenen Produkttypen pro Periode
- Kapazität des Produktionssystems und dessen Auslastung

Diese Parameter wurden dann in eine prioritätsbasierte Heuristik überführt, die es in der Praxis erlaubt (unter den Voraussetzungen der Praxispartner) den Auftragsbestand einer Maschinengruppe von 14 Maschinen innerhalb von 2 Minuten für eine ganze Woche neu zu terminieren. Die Praxispartner nutzen dieses Grundmodell, um die vier identifizierten Planungsparameter zu adressieren. Ergänzend hierzu haben die Praxispartner individuell ihre Formeln um weitere spezielle Parameter ergänzt. Mit der Formel werden – analog zu anderen prioritätsbasierten Verfahren – Gesamtprioritäten gebildet, die dazu genutzt werden, iterativ die Maschinengruppen zu befüllen. Die Praxispartner haben die Möglichkeit, die Parameter hierbei einzeln zu gewichten. Dabei werden die Durchlaufzeit direkt, die periodische Nachfrage gemeinsam mit den Lagerbeständen in der bekannten Kennzahl Lagerumschlagshäufigkeit, sowie die Kapazität des Produktionssystems indirekt über die Schlupfzeit abgebildet. Die Schlupfzeit ist hierbei die Zeit, welche verbleibt, wenn die Bearbeitungszeit zum heutigen Datum vom Liefertermin subtrahiert wird. Positive Schlupfzeiten zeigen somit einen vorhandenen Puffer an, während negative Schlupfzeiten eine Verspätung ausweisen. Die Einzelprioritäten g_1 bis g_j müssen in Summe immer 1 ergeben, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen. Die Prioritätswerte g_j bestimmen die Nutzer durch Simulation und ein entsprechendes Monitoring. Die Gesamtpriorität eines Auftrags i lässt sich dabei wie folgt berechnen:

$$G_i = \big(g_1 \cdot \text{Durchlaufzeit} + g_2 \cdot \text{Schlupfzeit} + g_3 \cdot \text{Lagerumschlagshäufigkeit} + \\ + \cdots + g_j \cdot \text{Parameter } j\big)$$

Die Untersuchung unterliegt einigen *Limitationen*. So wurden die Anforderungen der Firmen nur innerhalb des Projektes OBerA bestimmt. Die Stichprobe mit fünf beteiligten Firmen ist nicht repräsentativ und muss zukünftig unabhängig vom Projekt in einer breiten Studie untersucht werden. Weiterhin befinden sich alle Praxispartner innerhalb der Branche der metallverarbeitenden mittelständischen Unternehmen, es besteht somit keine Allgemeingültigkeit. Als Grundlage der Formel dienen die vier in der Literatur am häufigsten genannten Parameter. Allerdings wurden hier sieben für MTO/MTS-Produktionen besonders relevante, wissenschaftliche Artikel untersucht. Die Übertragbarkeit auf andere Fertigungsarten ist zumindest fraglich.

Zusammenfassend lässt sich trotz der genannten Limitationen sagen, dass die Auswertungen zeigen, dass die Formel und die damit verbundene Digitalisierung der bislang manuellen Produktionsplanung von erheblichem Nutzen für den Praxispartner

sind. Es ermöglicht den für die Planung verantwortlichen Personen eine zielgerichtete und graduelle Konfiguration der Reihenfolgeplanung als Teil der Produktionsplanung. Dadurch kann insbesondere das Verhältnis aus Termintreue und Rüstzeit ausbalanciert werden. Gleichzeitig müssen diese Ergebnisse in einer umfangreichen Untersuchung, in der das aktuelle Planungsvorgehen mit der auf diesem Ansatz basierten Planung verglichen wird, bestätigt werden. Parallel dazu müssen insbesondere die bislang projektbezogenen Ergebnisse zu den Anforderungen mittelständischer Unternehmen mit Hilfe einer deutlich größeren Stichprobe und einem weiter gefassten Branchenfokus verallgemeinert werden. Unabhängig davon zeigt der Use Case beispielhaft auf, wie die Reihenfolgeplanung als Teilgebiet der Produktionsplanung KMU-gerecht digital transformiert werden kann.

4 Produktionsdatenerfassung

Nach der digitalen Transformation der Stammdatenpflege und der Planung wird in diesem Abschnitt beispielhaft auf die digitale Transformation in der Produktionsdatenerfassung eingegangen. Diese offenbart häufig eine unrealistische Planung (Lux et al., 2007). Dennoch ist die Planung unverzichtbar, um die Ungewissheit greifbar zu machen und somit die Steuerung des Unternehmens zu ermöglichen (Fuchs et al., 2015). Die Abweichungsanalyse zwischen Planung und tatsächlichen Produktionsdaten hilft, die Soll-Ist-Differenzen zu analysieren und zählt zu einer der wichtigsten Formen des organisatorischen Feedbacks (Luckett et al., 1991). Die Abweichungsanalyse kann mit drei Prozessschritten beschrieben werden. Im ersten Schritt werden die Abweichungen zwischen der Soll- und Ist-Situation erfasst und bewertet. Im zweiten Schritt werden die Gründe für die Abweichungen gesucht und im dritten Schritt werden die Problemursachen identifiziert (Horngren et al., 1991). Dabei muss das vorrangige Ziel die Eliminierung systematischer, immer wiederkehrender Abweichungen sein. In diesem Kontext stellt sich die Frage: Welche systematischen Fehler in der Produktionsdatenerfassung existieren und wie können diese im Rahmen der digitalen Transformation vermieden werden?

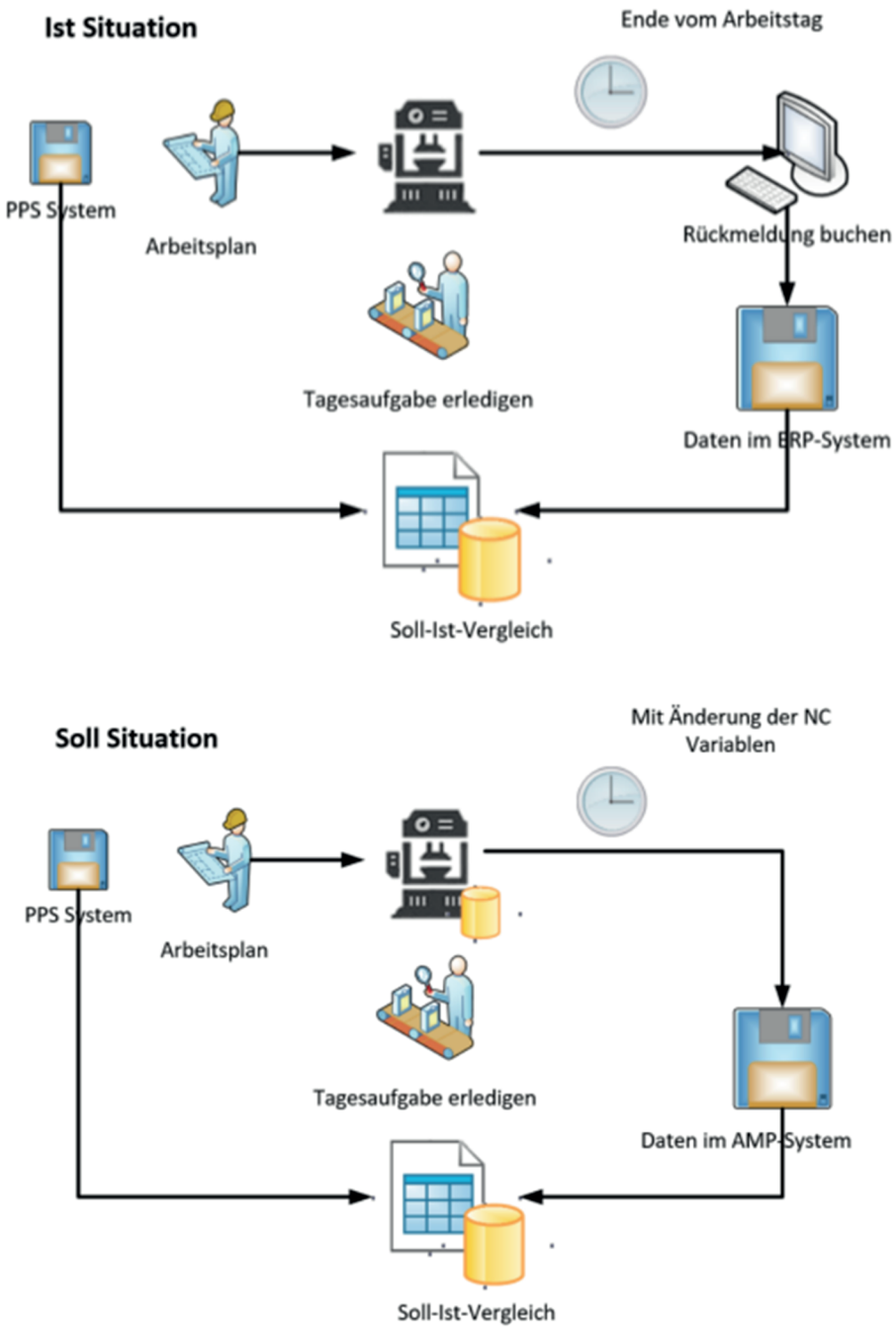


Abbildung 6: Versuchsaufbau zur Erzeugung von Daten für eine Abweichungsanalyse

Im Projekt OBerA wurde exemplarisch für die Problemstellung eine Abweichungsanalyse als *Methodik* bei einem Lohnfertiger angewendet. Dazu wurde für einen Zeitraum von 3 Monaten die NC basierte Software Analyse My Performance (AMP) des Projektpartners Siemens auf zwei Werkzeugmaschinen installiert. Parallel zur automatischen Erfassung der Ist-Zeiten wurden auch die händischen Ist-Zeiten erfasst. Dies erlaubt eine Auswertung der systematischen Fehler bei der manuellen Erfassung. Die Abweichungsanalyse erfolgt in drei Stufen. Auf der ersten Stufe werden die manuellen mit den automatischen Buchungen verglichen. Auf der zweiten Stufe

erfolgt ein Vergleich der manuellen Buchungen mit den Soll-Daten und schließlich auf dritter Ebene noch ein Vergleich der automatischen Buchungen mit den Soll-Daten. Abbildung 6 zeigt den Versuchsaufbau. Zur Auswertung der Daten wurden die beiden Abweichungsmaße MAPE (Mean Absolut Percentage Error) und RMSE (Root Mean Square Error) herangezogen. Der MAPE gibt hierbei die durchschnittliche absolute Abweichung in Prozent an. Der MAPE vereint die Eigenschaften der Dimensionslosigkeit und der eindeutigen Interpretierbarkeit (Barrot, 2009). Ergänzend hierzu wird der RMSE bestimmt. Bei der Auswahl der Abweichungsmaße wurde ein besonderes Augenmerk auf die Sensitivität und die Beziehung zu einer möglichen Entscheidung gelegt sowie wichtige, bekannte und leicht interpretierbare Kennzahlen zu finden, um eine möglichst einfache Verständlichkeit zu erzielen. Die Schwäche der RMSE hinsichtlich der Verlässlichkeit wird durch den Einsatz des MAPE ausgeglichen (Armstrong et al., 1992).

Die initiale Auswertung der Produktionsdaten des Praxispartners auf zwei Werkzeugmaschinen für den Zeitraum von drei Monaten liefert bereits erste Erkenntnisse. Als initiales *Ergebnis* ist festzustellen, dass die Summe der manuellen Buchungsdaten mit der Summe der automatischen Buchungsdaten auf 1 % genau übereinstimmen. Werden jedoch die einzelnen Datensätze betrachtet, weisen diese deutliche Unterschiede im höheren Prozentbereich auf. Diese Anomalie scheint in nachfolgendem Zusammenhang begründet: Die Abweichungen der einzelnen Datensätze (manuelle mit automatischer Buchung) entsprechen mit ihrer Richtung jeweils dem Fehler zwischen Soll-Daten und automatischen Ist-Rückmeldedaten. Am Beispiel erklärt, bedeutet dies, wenn 5 h im Soll geplant waren und die automatischen Ist-Buchungen nur 4 h aufweisen, liegt der manuelle Buchungssatz bei 4,5 h. Somit gleicht die manuelle Buchung den Unterschied zwischen Soll- und Ist-Daten aus. Eine Ursache davon könnte sein, dass die Mitarbeiter Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Daten begründen müssen. Den Mitarbeitern liegt zudem die Soll-Planung vor. Vermutlich dieser Umstand motiviert Mitarbeiter dazu, den Fehler aus Datensicht zu kompensieren. In der weiteren Folge führt dies bei einer höheren Ist-Zeit zu geringeren Zeitrückmeldungen und bei kürzeren Ist-Zeiten zum Aufbuchen dieser Fehlzeiten. Dadurch kann eine ausführliche Begründung für die Abweichungen vermieden werden. Gleichzeitig fanden dadurch allerdings Verzerrungen hinsichtlich der Bearbeitungszeiten und der Kalkulationen und zukünftigen Planung für die einzelnen Aufträge statt. Um diesen systematischen Fehler zu vermeiden, soll die Produktionsdatenerfassung zukünftig bei möglichst vielen Maschinen – soweit möglich – automatisiert erfolgen. In diesem Fall bedeutet Automatisierung, wie bereits zuvor beschrieben, das Auslesen von Maschinendaten via Manufacturing Execution System (MES) und deren automatisierte Weiterleitung an das ERP-System. Neben den infrastrukturellen Herausforderungen (Portfreigabe, Netzwerkrechte, etc.) sind dabei insbeson-

dere die unterschiedlichen Datenstrukturen und die Datenqualität der Systeme (Maschine, MES, ERP-System) zu beachten. Für die vorliegende Auswertung wurden die verschiedenen Daten über eine entsprechende Datentransformation einmalig synchronisiert. Um dies im laufenden Betrieb zu erreichen, sind weitere organisatorische und informationstechnische Maßnahmen zu treffen.

Diese Tatsache beinhaltet bereits eine von mehreren *Limitationen* dieses Use Cases. So wurden diese Abweichungen im Zuge einer Einmalanalyse identifiziert. Die Herausforderungen und Anpassungen für eine dauerhafte Abweichungsanalyse bzw. eine vollständige Umstellung auf automatisierte Rückmeldung sind für diesen Praxispartner noch weiter im Detail zu analysieren. Insbesondere müssen dabei die Datenstrukturen der beteiligten Systeme angeglichen oder zumindest im Zuge eines Data Mapping vor allem zwischen ERP-Systeme und dem maschinennahen MES systematisch miteinander verbunden werden. Zudem können die Ergebnisse hinsichtlich der Abweichungen auf keinen Fall generalisiert werden, da nur ein Datensatz für zwei Werkzeugmaschinen ausgewertet werden konnte. So besteht die Möglichkeit, dass es sich um ein spezielles Phänomen handelt, das nur bei der untersuchten Firma auftritt. Weiterhin können auf Grund der Planung, der Art der manuellen Rückmeldungen, der organisatorischen Abläufe, bei anderen Firmen vollständig andere Ergebnisse entstehen.

Nichtsdestotrotz lässt sich als *Zusammenfassung* auch auf Grund des langen Versuchszeitraums von drei Monaten die praktische Erkenntnis ziehen, dass im Soll-Ist-Vergleich der Maschinendaten und manuellen Rückmeldungen Optimierungspotential vorhanden ist für KMUs. Deshalb müssen in einer weiteren Studie zusätzliche Daten anderer Unternehmen auf ähnliche systematische Abweichungen hin untersucht werden. Lassen sich diese Erkenntnisse verallgemeinern, erlauben sie Rückschlüsse auf die Abweichungen manueller Rückmeldungen und das Verbesserungspotenzial durch automatisierte Rückmeldungen im Rahmen einer IoT-Architektur. Gleichzeitig ist näher zu untersuchen, welche Schritte die Maschinenanbindung zur regelmäßigen Abweichungsanalyse bedarf.

5 Werkzeugverwaltung

Neben der Stammdatenpflege, der Reihenfolgeplanung als Teil der Produktionsplanung und der Produktionsdatenerfassung stellt die Werkzeugverwaltung zur Planung und Verwaltung von Werkzeugbeständen den letzten betrachteten produktionsnahen Prozess in KMUs dar. Die Werkzeugkosten gerade in zerspanend fertigenden Unternehmen liegen bei einem einstelligen Prozentbereich der Gesamtkosten (Vogt, 2007). Es lohnt sich deshalb scheinbar kaum, diese Kosten zu optimieren. Tatsächlich dürfte aber ein deutlich höheres Einsparpotential bei den Werkzeugen durch Kosten, die den Werkzeugen nicht direkt zugeordnet sind, bestehen. Es handelt sich hierbei um Kosten aus uneffektiven Rüstvorgängen, Transportkosten, sowie Ressourcenaufwand für

die Bereitstellung der Werkzeuge (Vogt, 2007). Außerdem machen „die zunehmende Produktvielfalt und der damit einhergehende Anstieg von Rüstvorgängen […] den Einsatz von Werkzeugverwaltungssystemen in der spanenden Fertigung seit einigen Jahren unabdingbar“ (Zetterer Präzision GmbH, 2016). Aus diesem Anforderungsprofil leitet sich die Herausforderung ab, die bisherigen Prozesse deutlich zu überdenken und im Rahmen der Digitalisierung zu berücksichtigen. Im Projekt OBerA wurden über die Projektpartner hinweg die Anforderungen für das Werkzeugmanagement im mittelständischen, zerspanend fertigenden Unternehmensumfeld untersucht, mit dem Ziel gemeinsame Anforderungen zu finden und so einen Standardanforderungskatalog für KMUs im zerspanend fertigenden Bereich zu finden. Daraus leitet sich folgende Forschungsfrage ab:

Welche Anforderungen existieren bei zerspanend fertigenden KMUs hinsichtlich der digitalen Transformation der Werkzeugverwaltung mit Hilfe einer Werkzeugmanagementsoftware[43]?

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein leitfadengestütztes Experteninterview als *Methodik* bei den beteiligten Projektpartnern eingesetzt. Bei der Auswahl der Experten werden sowohl die operative wie auch die strategische Organisationsebene der Unternehmen berücksichtigt. Für die strategische Perspektive wurden Personen ausgewählt, die “im weitesten Sinne verantwortlich” sind (Helfferich, 2019; Kaiser, 2021), während für die operative Perspektive Personen ausgewählt wurden, die über “relevante Informationen” verfügen (Gläser und Laudel, 2009). Der Leitfaden des Interviews besteht aus vier Themen-Kernblöcken, gefolgt von einem Feedback und einer Danksagung, dies liegt im Zielkorridor von drei bis maximal acht Themenblöcken (Bogner et al., 2014). Tabelle 2 zeigt die Kernthemen- und Subthemenblöcke sowie den Inhalt und Zweck dieser Blöcke. Die Angabe Typ verifiziert, ob es sich um eine strategische oder operative Frage handelt. Um das Interview effizient zu gestalten, wurden die Experten nur zu ihren Kernthemenbereichen befragt.

[43] Im Use Case wird auch die Abkürzung TMS verwendet, diese steht für die englische Bezeichnung Tool Management System, was der deutschen Werkzeugmanagementsoftware entspricht.

Nr.	Thema		Inhalt und Zweck	Typ
0	Einstieg	-	Vorstellung, Einführung und Organisation	s/o
1	TMS Allgemeine Fragen	-	Allgemeine Fragen zum Experten und TMS	s/o
2	Aktuelle Elemente der Fertigung	Werkzeuge	Einblicke in die aktuelle Prozesskette und Überblick über verschiedene Elemente der Fertigung	o
		CNC-Maschinen		
		Programmierung		
		ERP/PPS		
3	TMS Anforderungen	Systemarchitektur	Wunschsystemarchitektur des Experten	s/o
		Aufbau/Benutzung	Spezifische Anforderungen an ein TMS	
4	Kosten	-	geplante Anschaffungs- und Unterhaltungskosten zum TMS	s
5	Feedback	-	Feedback zum Interview und mögliche Ergänzung zum Thema	s/o
6	Abschluss	-	Danksagung	s/o
				s: strategisch, o: operativ

Tabelle 2: Themenblöcke des Interviews einschließlich adressierter Expertengruppe

In Summe wurden sieben Experten per Zoom Meeting interviewt. Die Experten setzten sich hierbei aus vier operativen Experten (3x Fertigungsleiter, 1x Facharbeiter) und drei strategischen Experten (3x Geschäftsführung) zusammen. Im Nachgang zu den Interviews wurde eine Transkription der Interviews durchgeführt, um eine Inhaltsanalyse mit einem Paarweisen Vergleich nach Mayring durchzuführen (Mayring, 2019).

Das erste *Ergebnis* zeigt die **Funktionen** mit dem höchsten Erwartungswert bezogen auf die Verbesserungspotentiale durch den Einsatz einer Werkzeugmanagementsoftware. Die Funktionen wurden mit Hilfe des Paarweisen Vergleichs in nachfolgende Reihenfolge gebracht:

1. Gebündelte Informationen zu Werkzeugen (Definition & Lagerort)
2. Erstellung Einstellblatt
3. Gebündelte Information zu NC-Programmen
4. Bestand (Werkzeug)
5. Indexierung der NC-Programme

Als wichtigste Funktion wird die Informationsfunktion der Werkzeugverwaltung wahrgenommen, die sowohl im Hinblick auf die Werkzeugdaten als auch hinsichtlich des Einstellblattes und der NC-Programme die Informationszeit der Bediener reduziert. Darüber hinaus wird die Transparenz hinsichtlich der Bestände und die Ordnung von NC-Programmen als Nutzen erwähnt.

Der Paarweise Vergleich bringt zusätzlich die **Schnittstellen** in nachfolgende Reihenfolge hinsichtlich ihrer Wichtigkeit:

1. CAM (Computer-Aided Manufacturing)
2. PPS (Produktionsplanungssoftware)
3. Werkzeugmaschinen
4. ERP (Enterprise Resource Planning)

Analog zu den Funktionen ist zunächst die eher werkzeug- und produktorientierte CAM-Schnittstelle zum Austausch von Informationen, welches Werkzeug für welchen Produktionsprozess verwendet wird, von Bedeutung. Erst dann folgen auf Platz 2 und 4 Schnittstellen zu Planungssystemen, die zum Beispiel auch die Verfügbarkeit von Werkzeugen berücksichtigten. Die Anbindung an die Werkzeugmaschine direkt wird an dritter Stelle genannt.

Weiterhin zeigt das Ergebnis der Experteninterviews, dass ein modularer Aufbau der Software wichtiger ist als ein monolithisches System oder eine Komplettlösung und dass bei der Benutzeroberfläche eine schlichte Aufmachung durch bildhafte Darstellung unter Verwendung von Piktogrammen am besten geeignet ist. Die Implementierungskosten hängen gemäß der Studie maßgeblich von drei Größen ab: Stundenlohn der Mitarbeiter, Anzahl der Werkzeuge, sowie die Anlagedauer der Werkzeuge im System pro Stück. Da sowohl der Stundenlohn wie auch die Anzahl der Werkzeuge als fixe Kenngröße angesehen werden darf, kommt der Anlagezeit pro Werkzeuge eine zentrale Bedeutung zu. So lässt sich eindeutig sagen, je mehr Werkzeuge in einem Unternehmen vorhanden sind, desto wichtiger ist es, die Anlagezeit pro Werkzeug so gering wie möglich zu halten. Im Rahmen der Interviews wurde dieses Problem von zwei Experten als zentraler Grund für das Scheitern einer zurückliegenden Einführung aufgeführt. Ergänzend ist zu erwähnen, dass die Experten darin übereinstimmen, dass es nicht zielführend ist, schlecht ausgebildete Ressourcen mit der Anlage der Werkzeuge zu betrauen, um die Kosten pro Stunde zu reduzieren. Dieses Vorgehen führt dazu, dass im Nachgang Qualitätsmängel auftreten.

Als *Limitation* ist festzuhalten, dass die Ergebnisse auf Grund der geringen Stichprobenanzahl von n=7 nicht als repräsentativ für die Branche angesehen werden dürfen, zumal weiterhin nur männliche, deutschsprachige Experten befragt wurden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich für die beiden Perspektiven - operativ und strategisch - bereits Tendenzen in den Ergebnissen identifizieren lassen. In einer breit angelegten Umfrage müssen zukünftig die Ergebnisse der Interviews überprüft und über eine repräsentative Stichprobe verifiziert werden. Darauf aufbauend kann dann mit Hilfe einer Fit-Gap-Analyse untersucht werden, welche am Markt verfügbaren Systeme die Anforderungen der zerspanend fertigenden KMUs in welchem Ausmaß erfüllen und somit zur digitalen Transformation der Werkzeugverwaltung beitragen.

6 Entscheidungen in IoT-Architekturen

Die Machine-Learning-basierte Stammdatenpflege und die Produktionsdatenerfassung erfordern direkt Entscheidungen zur eingangs beschriebenen IoT-Architektur, sind doch zumindest Middleware, Application und Business Layer betroffen. Aber auch bei der Werkzeugverwaltung und der Terminplanung werden Prozesse auf der Business Layer und Software auf dem Application Layer modifiziert. Daraus lässt sich ableiten, dass digitale Transformation Entscheidungen hinsichtlich der IoT-Architekturen erfordert. Ein wesentlicher Bestandteil davon sind die Protokolle, die verschiedene Applikationen oder Ebenen miteinander vernetzen. Mit dem Internet der Dinge steigt die Vernetzung innerhalb der Unternehmen und unternehmensübergreifend. Damit gewinnen die Protokolle an Bedeutung. Bereits in der Vergangenheit mussten Unternehmen Entscheidungen zur Systemvernetzung treffen. Weit verbreitet ist zum Beispiel Electronic Data Interchange (EDI). Dabei tauschen Unternehmen Belege elektronisch aus. Seit den 1990er Jahren werden die EDI-Protokolle wie zum Beispiel EDIFACT vor allem in der Automobilbranche, aber auch in anderen Branchen genutzt, um die ERP-Systeme von Unternehmen miteinander zu vernetzen (Chituc, 2017; Anvari, 1992). Weil an der Vernetzung allerdings vor allem KMUs, deren Prozesse weniger digitalisiert sind, nicht partizipieren konnten, wurden neue Möglichkeiten wie WebEdi geschaffen (Beck et al., 2003). Auf Basis der Erfahrungen zu EDI-Entscheidungen in Unternehmen allgemein und KMUs im Speziellen, lassen sich auch Rückschlüsse auf heutige Protokollentscheidungen schließen. Dabei stellt sich die Frage, wie im Zuge der aktuell häufigen Vernetzung von Anwendungssystemen entschieden wird und welche Entscheidungsparameter dabei eine Rolle spielen. Ziel ist es, eine Entscheidung zu treffen, die langfristig im Unternehmen auf Akzeptanz stößt, weil sie zum langfristigen Unternehmenserfolg beiträgt. Entsprechend stellt sich im Hinblick auf die vergangenen Entscheidungen zu EDI die Frage:

Wie hoch ist die Akzeptanz von EDI in KMUs im Zuge der digitalen Vernetzung mit anderen Unternehmen, und was sind Gründe für einen möglichen Mangel an Akzeptanz?

Daraus können dann Schlüsse gezogen werden, worauf bei Protokollentscheidungen zu achten ist. Diese Erkenntnisse können dann mit dem Vorgehen hinsichtlich aktueller Entscheidungen zu Protokollen in IoT-Architekturen verglichen werden. Dazu ist folgende Frage zu beantworten:

Wie werden Entscheidungen bei der Vernetzung von Softwareapplikationen im Kontext des IoT getroffen?

Die Softwareapplikationen beziehen sich dabei auf die Application Layer einer IoT-Architektur, auch um die Vergleichbarkeit mit EDI zu gewährleisten.

Zur Beantwortung der Fragen wurden als *Methoden* die systematische Literaturanalyse und Experteninterviews eingesetzt (Balzert und Dobhan, 2021; Ott und Dobhan,

2020; Webster und Watson, 2002). Die systematische Literaturanalyse zu WebEdi basierte auf den Suchergebnissen in den Datenbanken Google Scholar, Ebsco Host, ScienceDirect und Inderscience. Auf diese Weise wurden 60 relevante Artikel identifiziert und unter anderem hinsichtlich der Unternehmensgröße, der Technik und der Akzeptanz, sowie der Methodik kategorisiert (Ott und Dobhan, 2020). Die systematische Literaturanalyse zu den Protokollen bezog sich auf IEEE-, Elsevier- und Springerveröffentlichungen, die mit den relevanten Suchwörtern mit Hilfe der Suchmaschinen Google Scholar und ScienceDirect ab dem Veröffentlichungsjahr 2015 gefunden wurden (Balzert und Dobhan, 2021). Dieses Vorgehen resultierte in insgesamt 49 Veröffentlichungen, die unter Anwendung der Dimensionen Protokollarten, -eigenschaften, und -auswahlkriterien, sowie unter anderen den Dimensionen Entscheidungsparameter und -anforderungen an Protokolle eingeordnet wurden. Die Experteninterviews wurden als semi-strukturierte Interviews mit 7 Experten, die Erfahrungen mit der Implementierung von IoT-Architekturen entweder aus Anwender- oder Betreiberperspektive besitzen, geführt. Die Auswertung erfolgte dann mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse. (Bogner et al., 2014, S. 24–25; Mayring, 2004)

Die *Ergebnisse* in der EDI-Literatur zeigen vor allem folgende Erkenntnisse (Ott und Dobhan, 2020): Ein Drittel der 60 analysierten Quellen beziehen sich auf die Akzeptanz, wobei keine Quelle eine hohe Akzeptanz von EDI in KMUs ermitteln konnte. Stattdessen wird in 18 Quellen darauf verwiesen, dass die Akzeptanz von EDI mäßig bis gering ist (jeweils 9 Quellen). Elf Quellen davon stellen dies explizit für KMUs fest, wobei sich nur eine Quelle explizit auf Web-EDI bezieht. Als Gründe für die geringe Akzeptanz von EDI in KMUs sehen Chwelos et al. (2001) den Druck größerer Partner, der zur Einführung von EDI in KMUs führt, und die nur partielle Nutzung, die die Potenziale von EDI nicht vollständig ausschöpft (Tankosic et al., 2017). Als Hauptursache identifizieren Ott und Dobhan (2020) allerdings die wirtschaftlichen Gründe. Für wenig digitalisierte KMUs ist es kostengünstiger, Belege per E-Mail oder Fax zu versenden, als manuell in eine Web-EDI-Plattform einzutragen oder die bestehenden Systeme und Prozesse, für nur wenige Belege, EDI-fähig anzupassen. (Ott und Dobhan, 2020)

Die Ergebnisse der Literaturrecherche zu den Protokollen der IoT-Architektur zeichnen ein weniger klares Bild. Sie zeigen, dass Entscheidungen bezüglich Protokollen bei der Vernetzung von Anwendungssystemen bislang nur wenig untersucht wurden. Wenn überhaupt sind in der Literatur nur die wichtigsten Protokolle aus technischer oder Anwendungssicht miteinander verglichen worden (Elhadi et al., 2018; Sethi und Sarangi, 2017; Al-Fuqaha et al., 2015). Die Relevanz möglicher Entscheidungsparameter im Hinblick auf eine erfolgreiche Entscheidung und damit Akzeptanz der Protokolle wurde bislang nicht betrachtet.

Die dadurch motivierte Expertenstudie in Balzert und Dobhan (2021) zeigt vor allem den Forschungsbedarf auf, der in diesem Kontext noch existiert. Durchgängige Entscheidungsregeln bei der Protokollauswahl existieren bei keinem der Experten. Lediglich ein Experte gibt an, dass er sich von verschiedenen Parametern wie Anforderungserfüllung, technische Umsetzbarkeit, Marktposition oder Kosten des Protokolls bewusst leiten lässt. Zwei weitere Experten betonen die Umsetzbarkeit als Hauptentscheidungsparameter. Weitere Entscheidungsparameter ergeben sich aus der Literaturanalyse und an anderen Stellen der Experteninterviews. Auf einen systematischen Entscheidungsprozess beziehen sich aber weder Experten noch Literatur. Gleichwohl bestätigt die Studie, dass Protokolle diversen internen Anforderungen und externen Anforderungen gerecht werden müssen. Diese Anforderungen sind technischer (z. B. Zykluszeit, Datendurchsatz, etc.) oder ökonomischer Art (z. B. Aufwand). Dazu kommen noch Anforderungen des Kunden (ebenfalls technischer oder ökonomischer Art), falls das Protokoll für die Leistung an den Kunden relevant ist. Darüber hinaus bestätigen die Experten die Erkenntnis in der Literatur, dass unterschiedliche Anwendungen unterschiedliche Protokolle erfordern. Dadurch erhöht sich die Komplexität der Entscheidung und motiviert ein entsprechendes Entscheidungsmodell. (Balzert und Dobhan, 2021)

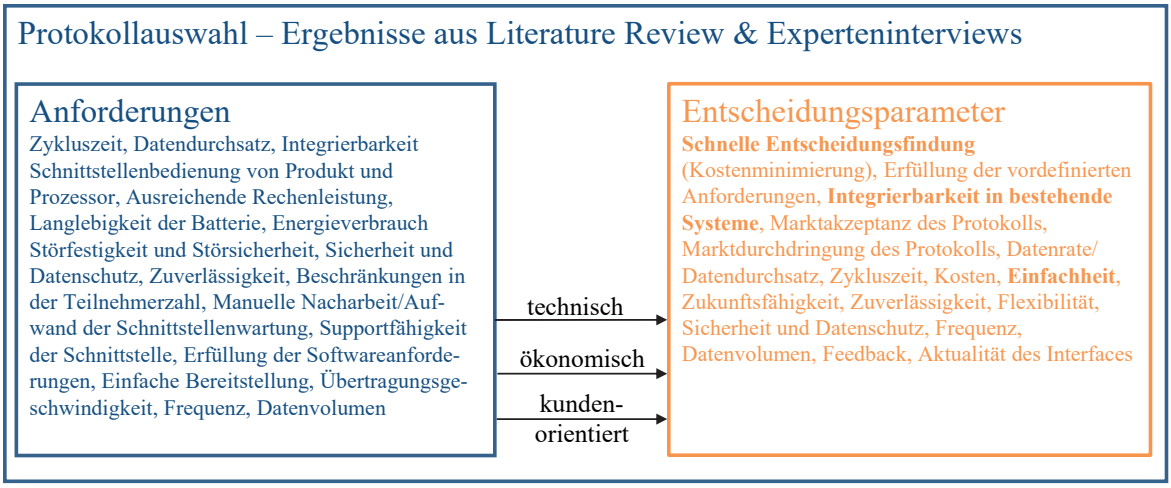


Abbildung 7: Anforderungen und Entscheidungsparameter bei der Protokollauswahl

Die Ergebnisse sowohl der Literaturanalysen als auch der Expertenstudie müssen auch vor dem Hintergrund der jeweiligen *Limitationen* betrachtet werden (Ott und Dobhan, 2020; Balzert und Dobhan, 2021). So ist zum Beispiel im Forschungsfeld EDI die fehlende Eindeutigkeit bei der technischen Ausgestaltung des Begriffs EDI ein großes Problem. Der Begriff wird dabei für WebEDI ebenso verwendet wie für traditionelle EDI-Techniken, obwohl deren Einsatz sich deutlich unterscheidet. Dies geht damit einher, dass kaum neuere Studien zur EDI-Akzeptanz veröffentlicht wurden. Die Ergebnisse beziehen sich im Wesentlichen (55 der 60 Quellen) auf Artikel, die aus dem Jahr 2010 oder älter sind. Seit 2010 ist die Digitalisierung in KMUs aber

stark vorangeschritten, sodass sich eine veränderte Situation ergeben könnte (Ott und Dobhan, 2020).

Die Experteninterviews in Balzert und Dobhan (2021) wiederum sind hinsichtlich der Expertenwahl limitiert. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, dass sowohl Experten berücksichtigt werden, die die Systeme im eigenen Unternehmen vernetzen, als auch Experten die entsprechende Lösung verkaufen. Diese Heterogenität führte auch zu einem unterschiedlichen Antwortumfang bei den einzelnen Fragen. Darüber hinaus konnten auf Grund der Covid-19-Pandemie die Interviews nur online durchgeführt werden.

Als *Zusammenfassung* lässt sich zeigen, dass ein großer Forschungsbedarf im Bereich des Datenaustauschs zwischen Softwareapplikationen durch Protokolle gerade auch im Hinblick auf das IoT existiert. Sollte sich die niedrige Akzeptanz von EDI in KMUs auch in einer empirischen Studie belegen, stellt EDI eher ein Negativbeispiel für die Umsetzung von Protokollen zum Datenaustausch in KMUs dar. Darüber hinaus werden die gemäß den Ergebnissen der Expertenstudie, unstrukturierten Entscheidungen der Praxis der Vielzahl an Anforderungen an die Protokollauswahl nicht gerecht. Beide Ergebnisse zeigen den Bedarf für ein Entscheidungsmodell hinsichtlich der Protokolle in IoT-Architekturen, aber auch hinsichtlich von IoT-Architekturen als Ganzes. Letztere Entscheidung dürfte zu den strategischen Entscheidungen eines Unternehmens zählen, da diese nicht nur sicherheitsrelevant und damit erfolgskritisch ist, sondern auch das gesamte Unternehmen betrifft. Forschungsaktivitäten in diesem Bereich müssen auch das Feld des Enterprise Application Managements mit einbeziehen (vgl. z. B. Minakova und Dobhan, 2022). Wie die Qualität derartiger Entscheidungen zur IoT-Architektur während des Entscheidungsprozesses sichergestellt werden kann und welche Aufgabe dabei die Automatisierung oder zumindest Unterstützung dieser Aufgaben durch Künstliche Intelligenz sein kann, sollte Aufgabe zukünftiger Forschungsaktivitäten sein.

7 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden Ergebnisse des Forschungsprojektes OBerA beschrieben, die sich durchgängig auf die allgemeine Forschungsfrage beziehen, auf welche Weise die digitale Transformation produktionsnaher Prozesse in KMUs des metallverarbeitenden Gewerbes mit einem Fokus auf die Application Layer erfolgen kann. Die Logik der Problemstellungen orientierte sich dabei an dem eingangs skizzierten Prozess der Produktionsauftragsabwicklung.

Im Zuge der digitalen Transformation mit Hilfe einer KI-basierten *Stammdatenpflege* wurden die Voraussetzungen für einen erfolgreichen KI-Einsatz in der Produktionsplanung von KMUs aufgezeigt und zwei Beispiele für den Einsatz von Machine-Learning-Methoden als intelligente Methoden bei der Datenpflege gegeben (vgl. Abschnitt 2).

Die Stammdatenpflege erfolgt logisch vor der Bearbeitung der Belegdaten. In dem strukturgebenden Prozess dieses Artikels ist der entscheidende Beleg der Produktionsauftrag. Nach dessen Erzeugung auf Basis von Bedarfsdaten ist dieser zu terminieren. Für die finale Terminierung von Produktionsaufträgen ist eine *Reihenfolgeplanung* notwendig. Hier wurden zunächst typische Parameter, die bei der Produktionsplanung allgemein und der Reihenfolgeplanung im Speziellen wichtig sind, identifiziert, in einem KMU-geeigneten Verfahren berücksichtigt und dann in eine Software umgesetzt. Damit wurde ein Beispiel zur Digitalisierung der Reihenfolgeplanung in einer flexiblen MTO/MTS-Umgebung in KMUs aufgezeigt (vgl. Abschnitt 3).

Mit der Terminierung und der Freigabe des Auftrags erfolgt auch die Initiierung der Produktionsauftragsdurchführung der Fertigung. Für einen Soll-Ist-Abgleich ist dabei die *Produktionsdatenerfassung* von großer Bedeutung. Der Abschnitt dazu zielte auf die Sichtbarmachung eines systematischen Fehlers in der manuellen Produktionsdatenerfassung und damit das Aufzeigen von Potenzialen einer im Zuge der digitalen Transformation automatisierten Produktionsdatenerfassung (vgl. Abschnitt 4).

Der gesamte Prozess wird begleitet von der *Werkzeugverwaltung*, die während der Planung für die Werkzeugverfügbarkeitsprüfung verantwortlich ist und während der Produktionsauftragsdurchführung Informationen zu den Werkzeugen an den Werker und direkt an die Maschine übermittelt. Hier wurden übergreifende Anforderungen von zerspanend fertigenden KMUs ermittelt, die bei der digitalen Transformation des Werkzeugverwaltungsprozesses helfen sollen (vgl. Abschnitt 5).

In allen vier beschriebenen Bereichen erfordert die digitale Transformation *Entscheidungen im Hinblick auf die IoT-Architektur*. Besonders von Bedeutung ist hierbei die Vernetzung der Systeme, die mit Hilfe von Protokollen erfolgt. Zur Untersuchung der Protokollentscheidungen wurde zunächst die Akzeptanz eines bereits etablierten Protokolls (nämlich EDI) untersucht, um daraus ableiten zu können, welche Faktoren bei der Erzielung von Akzeptanz für ein Protokoll eine Rolle spielen. Darüber hinaus wurde in einer Expertenstudie herausgearbeitet, welche Faktoren aktuell Einfluss auf Entscheidungen zum Einsatz von Protokollen besitzen.

Auffällig über alle Ergebnisse hinweg ist die Betonung der beiden Aspekte Einfachheit und Anschlussfähigkeit. So wurde das Machine-Learning-Verfahren explizit zur Aufwands- und Komplexitätsreduktion in der Datenpflege für den Anwender entwickelt. Hinsichtlich der Reihenfolgeplanung war die Einfachheit ein Hauptkriterium für die Auswahl prioritätsbasierter Verfahren. Beim Werkzeugmanagement spielt die Einfachheit der Datenpflege ebenfalls eine Rolle, gerade in Unternehmen mit vielen Werkzeugen und hinsichtlich von Protokollen wird die Einfachheit bzw. Nachvollziehbarkeit als ein Akzeptanz- und Auswahlkriterium identifiziert. Noch deutlicher

wird die Anschlussfähigkeit genannt. In allen aufgezeigten Bereichen ist eine Geschäftsprozess- und Systemintegration (Reihenfolgeplanung, KI-basierte Datenpflege, Werkzeugverwaltung, Produktionsdatenerfassung) eine wichtige Anforderung oder Auswahl- und Akzeptanzkriterium (IoT-Architekturentscheidungen). Dies betont einmal mehr die Bedeutung der Vernetzung von Systemen.

Gleichzeitig wird in dieser Arbeit auch der hohe Bedarf an zukünftiger Forschung in diesem Bereich deutlich. So muss untersucht werden, inwieweit der Einsatz von KI in der Datenpflege die Automatisierung (z. B. in der Belegerfassung) und die Stammdatenqualität auf dem Weg hin zu einem autonomen ERP-System erhöhen können und die KMU-spezifischen Anforderungen an die Reihenfolgeplanung und das Werkzeugmanagement auch bei einer großen Stichprobe bestätigt werden können. Auch die systematischen Fehler der Produktionserfassung müssen noch unternehmensübergreifend bestätigt werden. Schließlich ist es im Hinblick auf die IoT-Entscheidungen dringend notwendig, diese mit existenten Konzepten wie dem Enterprise Application Management zu verknüpfen, Einflussfaktoren auf die Entscheidungen zu identifizieren, die Messung der Entscheidungsqualität zu ermöglichen und ein Modell zur Kontrolle der Einflussfaktoren zu ermitteln. Insgesamt müssen zukünftige Forschungsarbeiten vor allem auf die Verallgemeinerung der hier beschriebenen Ergebnisse zielen. Die durch die Unternehmenspraxis initiierten Fallbeispiele in diesem Beitrag indizieren aber auf jeden Fall mögliche Lösungen zur digitalen Transformation von produktionsnahen Prozessen in KMUs der Metallverarbeitung.

Diese Forschungsarbeiten fanden im Rahmen des Projektes OBerA aus dem FuE-Programm "Informations- und Kommunikationstechnik" des bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Energie und Technologie (IUK-1709-0011//IUK530/010), eingereicht durch die Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS) statt.

8 Literaturverzeichnis

Akyazi, T.; Goti, A.; Oyarbide-Zubillaga, A.; Alberdi, E.; Carballedo, R.; Ibeas, R.; Garcia-Bringas, P. (2020): „Skills Requirements for the European Machine Tool Sector Emerging from Its Digitalization”. In: Metals 2020. 10, S. 1665.

Al-Fuqaha, A.; Guizani, M.; Mohammadi, M.; Aledhari, M.; Ayyash, M. (2015): „Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications“. In: IEEE Communications Surveys & Tutorials. Bd. 17, Nr. 4, S. 2347–2376.

Alsheibani, S.; Cheung, Y.; Messom, C. (2018): „Artificial Intelligence Adoption: AI-readiness at Firm-Level". In: PACIS. S. 37.

Anvari, M. (1992): „Electronic data interchange and inventories". In: International Journal of Production Economics. Jg. 26, Nr. 1-3, S. 135–143.

Armstrong, J. S.; F. Collopy (1992): „Error Measures for Generalizing about Forecasting Methods: Empirical Comparison". In: International Journal of Forecasting. 8, S. 69–80.

Balzert, E.; Dobhan, A. (2021): „Protokolle der Application Layer im industriellen Internet der Dinge". In: Mobility in a Globalised World 2020. 25, S. 79.

Barrot, C. (2009): „Prognosegütemaße". In: Albers, S.; Klapper, D.; Konradt, U.; Walter, A.; Wolf, J. (Hrsg.), Methodik der empirischen Forschung. 3. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden, S. 547–560.

Beck, R.; Weitzel, T.; König, W. (2003): „The Myth of WebEDI". In: Monteiro, J. L.; Swatman, P. M. C.; Tavares, L. V. (Hrsg.), Towards the Knowledge Society: ECommerce, eBusiness and eGovernment The Second IFIP Conference on E-Commerce, E-Business, E-Government (I3E 2002) October 7-9, 2002, Lisbon, Portugal, IFIP - The International Federation for Information Processing. Bd. 105, Springer US, Boston, MA, S. 585–599.

Beemsterboer, B.; Land, M.; Teunter, R. (2016): „Hybrid MTO-MTS production planning: An explorative study". In: European Journal of Operational Research. 248 (2), S. 453–461.

Berger, P. D., Maurer, R. E.; Celli, G. B. (2018): "Experimental Design". In: With Applications in Management, Engineering, and the Sciences. Springer, Cham.

Bettoni, A.; Matteri, D.; Montini, E.; Gładysz, B.; Carpanzano, E. (2021): „An AI adoption model for SMEs: a conceptual framework". In: IFAC-PapersOnLine. 54 (1), S. 702–708.

Bogner, A.; Littig, B.; Menz, W. (2014): „Einleitung: Das Expertinneninterview – eine Methode qualitativer Sozialforschung". In: Bogner, A.; Littig, B.; Menz, W. (Hrsg.), Interviews mit Experten. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

Bogner, A., Littig, B.; Menz, W. (2014): „Interviews mit Experten: Eine praxisorientierte Einführung". In: Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

Calzavara, M.; Battini, D.; Bogataj, D.; Sgarbossa, F.; Zennaro, I. (2020): „Ageing workforce management in manufacturing systems: state of the art and future research agenda". In: International Journal of Production Research. 58 (3), S. 729–747.

Chang, K. H.; Lu, Y. S. (2010): „Queueing analysis on a single-station make-to-stock/make-to-order inventory-production system". In: Applied Mathematical Modelling. 34 (4), S. 978–991.

Chituc, C.-M. (2017): „XML interoperability standards for seamless communication: An analysis of industry-neutral and domain-specific initiatives". In: Computers in Industry. 92–93, S. 118–136.

Chwelos, P.; Benbasat, I.; Dexter, A. S. (2001): „Research Report: Empirical Test of an EDI Adoption Model". In: Information Systems Research. 12 (3), S. 304–321.

Dobhan, A., Rein, O., Goletz, D.; Alyones, H. (2021): „Computer-Vision-Systeme im Behältermanagement". In: Mobility in a Globalised World 2020. 25, S. 115.

Elhadi, S., Marzak, A., Sael, N.; Merzouk, S. (2018): „Comparative Study of IoT Protocols". In: Hamlich, M. (Hrsg.), The 2nd international conference on Smart Application and Data Analysis for Smart Cities (SADASC'18), Casablanca, Marokko, 27.-28.02.2018, Elsevier, Amsterdam, Niederlande.

Fuchs, C.; Wyszogrodski, A. (2015): „Advanced Planning macht die Steuerung genauer". In: ISREPORT. S. 42–43.

Gläser, J.; Laudel, G. (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. Als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. Springer-Verlag.

Hadj Youssef, K.; Delft, C. van; Dallery, Y. (2009): „Analysis and Optimization of a Combined Make-to-Stock and Make-to-Order Multiproduct Manufacturing System". In: Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences 2009 (8), S. 1–27.

Haug, A.; Stentoft Arlbjørn, J.; Zachariassen, F.; Schlichter, J. (2013): "Master data quality 110 barriers: an empirical investigation". In: Industrial Management & Data Systems. 113 (2), S. 234–249.

Heger, J. (2014): Dynamische Regelselektion in der Reihenfolgeplanung. Prognose von Steuerungsparametern mit Gaußschen Prozessen. Springer Vieweg, Wiesbaden. Abgerufen von http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=909895.

Helfferich, C. (2019): „Leitfaden- und Experteninterviews". In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 669–686.

Horngren, C. T.; Foster, G. (1991): Cost Accounting: A Managerial Emphasis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Hug, T.; Poscheschnik, G.; Lederer, B. (2010): Empirisch forschen. Die Planung und Umsetzung von Projekten im Studium. 1. Aufl., UVK-Verl.-Ges. (UTB Schlüsselkompetenzen, 3357), Konstanz. Abgerufen von http://www.utb-studi-e-book.de/9783838533575.

Jaehn, F.; Pesch, E. (2014): Ablaufplanung. Einführung in Scheduling. Springer Gabler, Berlin.

Jöhnk, J.; Weißert, M.; Wyrtki, K. (2021): „Ready or Not, AI Comes: An Interview Study of Organizational AI Readiness Factors". In: Business & Information Systems Engineering. 63 (1), S. 5–20.

Kaiser, R. (2021): Qualitative Experteninterviews. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

Khan, R.; Khan, S. U.; Zaheer, R.; Khan, S. (2012): "Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges ". In: Guerrero, J. E. (Hrsg.), 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology, Islamabad, Pakistan, 17.-19.12.2012, IEEE, Piscataway, NJ, USA, S. 257–260.

Kuckartz, U., (2019): „Qualitative content analysis: From Kracauer's beginnings to today's challenges". In: Technical report. Forum: Qualitative Social Research (Forum Qualitative Sozialforschung).

Kummer, S.; Grün, O.; Jammernegg, W. (2008): Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik. Pearson Studium, München.

Kurbel, K. (2016): Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie. Von MRP bis Industrie 4.0. 8. Aufl., De Gruyter Oldenbourg, Berlin, Boston. Abgerufen von http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783110441680&searchTitles=true.

Lee, S. M.; Kim, J.; Choi, Y. (2009): „Effects of IT knowledge and media selection on operational performance of small firms". In: Small Bus Econ. 32, S. 241–257.

Luckett, P. F.; Eggleton, I. R. C. (1991): „Feedback and management accounting: A review of research into behavioral consequences". In: Accounting, Organizations and Society. 16 (4), S. 371–394.

Lux, W.; Hauser, M. (2007): „Mit dem KMU-Barometer am Puls der strategischen Controlling-Praxis". In: ZfCM: Zeitschrift für Controlling & Management, S. 24–29.

Mayring, P. (2004): Qualitative content analysis. A companion to qualitative research. 1 (2), S. 159–176.

Mayring, P. (2019): Qualitative Inhaltsanalyse – Abgrenzungen, Spielarten, Weiterentwicklungen. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research. Vol. 20, No. 3 (2019): Qualitative Content Analysis I. In: Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research 20 (3), S. 15.

Minakova, A.; Dobhan, A. (2022): „Decision-making for the Application & Middleware layers of IoT Architectures in general and in particular within EAM in SMEs". In: 2022 16th International Conference on Research Challenges in Information Science – eingereicht.

Ott, A.; Dobhan, A. (2020): „Die Akzeptanz webbasierter EDI-Anwendungen durch kleine Unternehmen". In: Mobility in a Globalised World 2019. 23, S. 225.

Pandit, A.; Zhu, Y. (2007): „An ontology-based approach to support decision-making for the design of ETO (Engineer-To-Order) products". In: Automation in Construction. 16, S. 759–770.

Renna, P. (2016): „Production control policies for a multistage serial system under MTO-MTS Production environment". In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 83 (1), S. 1–30.

Rich, E. (1983): Artificial Intelligence. McGraw-Hill, New York

Rocha, F.; Silva, E.; Lopes, Â.; Dias, L.; Pereira, G.; Fernandes, N. O.; Carmo-Silva, S. (2015): „Materials Flow Control in Hybrid Make-to-Stock/Make-to-Order Manufacturing". In: Corman, F.; Voß, S.; Negenborn, R. R. (Hrsg.), Computational logistics. 6th international conference, ICCL 2015, Delft, The Netherlands, September 23-25, 2015 : proceedings, Bd. 9335. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer (Lecture notes in computer science, 9335), S. 559–568.

Ross, J-W. (2003): Creating a Strategic it Architecture Competency, MIT Sloan Working Paper No. 4314-03. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=416180 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.416180 , p. 2.

Schkarin, T.; Dobhan, A. (2022): „Prerequisites for applying artificial intelligence for scheduling in small- and medium-sized enterprises". In: International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2022) – akzeptiert.

Schröder, C. (2020): „Mittelstand im Einzelnen". Abgerufen am 10.11.2021 von https://www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-einzelnen/digitalisierung-der-kmu-im-eu-vergleich.

Sethi, P.; Sarangi, S. R. (2017): „Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications". In: Journal of Electrical and Computer Engineering. Bd. 2017, S. 1–25.

Singh, S.; Singh, J. (2022): „A Survey on Master Data Management Techniques for Business Perspective". In: Tavares J. M. R. S.; Dutta P.; Dutta S.; Samanta D. (eds.), Cyber Intelligence and Information Retrieval. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 291. Springer, Singapore.

Soman, C. A.; Donk, D. P. van; Gaalman, G. (2006): „Comparison of dynamic scheduling policies for hybrid make-to-order and make-to-stock production systems with stochastic demand". In: International Journal of Production Economics. 104 (2), S. 441–453.

Tankosic, M.; Ivetic, P. Mikelic, K. (2017): „Managing Internal and External Communication in a Competitive Climate via EDI Concept". In: International Journal of Communications. 11 (2), S. 1–6.

vbw – Vereinigung der Bayrischen Wirtschaft e.V. (Stand Juni 2017): Zukunftsrat der Bayrischen Wirtschaft – Neue Wertschöpfung durch Digitalisierung Analyse und Handlungsempfehlungen.

Vogt, L. (2007): „Durchgängig von der Planung bis zur Werkstatt". In: WB Werkstatt + Betrieb. 140 (10) (2007), S. 68–71.

Wan, J.; Tang, S.; Shu, Z.; Li, D.; Wang, S.; Imran, M.; Vasilakos, A. V. (2016): „Software-defined industrial IoT in the context of industry 4.0". In: IEEE Sensors Journal. 16 (20), S. 7373–7380.

Weber, D. (2015): Wissenschaftliches Arbeiten für Wirtschaftswissenschaftler. Untersuchungen planen, durchführen und auswerten. Wiley, Weinheim. Abgerufen von https://ebookcentral.proquest.com/lib/zbw/detail.action?docID=2059125.

Webster, J.; Watson, R. T. (2002): „Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review". In: MIS quarterly, xiii–xxiii.

Wirth, R.; Hipp, J. (2000): „CRISP-DM: Toward a Standard Process Model for Data Mining". In: Proceeding of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining, S. 29–39.

Zetterer Präzision GmbH (2016): „Zeitaufwand für die Werkzeugsuche halbiert". In: WB Werkstatt + Betrieb. (12) (2016), S. 40–41.

Zhang, Z. G.; Kim, I.; Springer, M.; Cai, G.; Yu, Y. (2013): „Dynamic pooling of make-to-stock and make-to-order operations". In: International Journal of Production Economics. 144 (1), S. 44–56.

Zhang, T.; Zheng, Q.; Fang, Y.; Zhang, Y. (2015): „Multi-level inventory matching and order planning under the hybrid Make-To-Or-der/Make-To-Stock production environment for steel plants via Particle Swarm Optimization". In: Computers and Industrial Engineering. 87 (C), S. 238–249.

Ziegler, C.; Dobhan, A.; Heusinger, M. (2021): „Applications of Neural Networks in Engineer-to-order Environment". In: 15th Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering (CIRP ICME) – im Veröffentlichungsprozess

Zillmann, M. (2017): "Ohne verlässliche Stammdaten geht es nicht". In: Controlling & Management. Review, 61 (6), S. 68–72.

Mobility in Information Technology

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in Information Technology

Wilfried Honekamp

IACS, University of Applied Sciences Stralsund, wilfried.honekamp@hochschule-stralsund.de

Information technology is increasingly permeating all areas of daily life (Dufva and Dufva 2019). Mobility applications are also supported by various forms of information and communication systems (Inac and Oztemel 2022). This year's conference focussed on digitisation driving mobility. This could be performed in different ways. From an IT perspective the focus could be on data or on systems. The following four contributions show this common ground in these areas. They relate mobility to digitisation, from digital forensics to a working method supported by geo-information systems and digital offerings from general practitioners.

Open-source data from social media was examined by Philipp Rosenkranz and Wilfried Honekamp. In a study they observed public users in five different social media applications. Depending on the activity of the users and the quality of the entries they show, that social media are suitable for creating movement profiles. Instagram, Snapchat and Facebook offer the best possibilities.

Ivonne Honekamp and Pia Niemann investigated, how far digitization has progressed in the practices of general practitioners in Germany and how important digital offerings are for patients. In a survey they questioned the current and future use of digital offers. The study showed, that personal contact with the doctor is still important for most respondents. In addition, only a few primary care physicians currently offer digital services. Only online appointments are relatively widespread.

Technical tools and possibilities for a forensic evaluation of automotive electronic systems are presented by Heiko Polster and Dirk Labudde. They investigated data from the internal bus system, the infotainment systems and the key responders. With different analysis tools for data acquisition, it is demonstrably possible, among others, to determine position data, stored routes, telephone data, error messages, time stamps and mileage.

Roman Povalej and Dirk Volkmann describe, how the police forces of the German states are dealing with the increasing flood of data. They discuss the use of Geographic Information Systems and the planning method Building Information Modeling for solving future tasks of police work and process flows and show chances and potentials. In particular, the transformation of analogue knowledge via digital knowledge transfer by means of the BIM working method would harmonise processes considerably and thus optimise time management.

The contributions show the breadth of mobility in information technology. That digitisation drives mobility is heavily demonstrated.

References

Dufva, T; Dufva, M. (2019): Grasping the future of the digital society. Futures,

Futures 107, pp. 17-28.

Inac, H.; Oztemel, E. An Assessment Framework for the Transformation of Mobility 4.0 in Smart Cities. Systems 2022, 10, 1.

Determination of movement profiles based on open-source data from social media

Philipp Rosenkranz

Hamburg Police, philipp.rosenkranz@polizei.hamburg.de

Wilfried Honekamp

IACS, University of Applied Sciences Stralsund, wilfried.honekamp@hochschule-stralsund.de

1 Introduction 249

2 Background 249

3 Methods 251

4 Results 252

5 Discussion 254

6 Conclusion 255

7 References 255

Abstract:

Some crime cases cannot be investigated due to the discrepancy between their socially harmful nature and the level of intervention required to investigate them. Investigative approaches in connection with special collection methods of open-source data from social media could provide information that can usually only be obtained through measures with strong encroachments on fundamental rights. Social media offer an approach for law enforcement to quickly and directly access a large amount of openly accessible personal data of the suspect users.

This contribution focuses on the acquisition of open-source data from online users to determine movement profile. To this end, 90 digital identities were observed in their social media lives over 20 days. During the observation period, 4,186 contributions were recorded in five online services and then evaluated. A geotag was used for 834 entries and the location could be designated as known for 696 entries.

The open-source data from social media is suitable to determine movement profiles of the suspects. Much of the open-source data recorded in this investigation could be

used to create a movement profile for the corresponding digital identities. The results indicate that Instagram is currently best suited for creating movement profiles. Snapchat also offers great potential for creating movement profiles. User accounts can be easily assigned to users via Instagram in particular. While Facebook is only suitable to a limited extent, Twitter and YouTube are ruled out for the desired goal.

JEL Classification: K39, O33

Keywords: Crime Investigation, Social Media, Movement Profiles, Open-Source Intelligence.

1 Introduction

Social networks and social media portals have become part of everyday life for many people these days. Their use seems to have become so self-evident that it is no longer questioned. Drivers look at their smartphones during red phases at traffic lights because they cannot seem to stand the time without information. Social media play a significant part in the heavy use of smartphones. Despite the ubiquitous presence of social media, their benefits do not seem to have found their way into all areas of professional life. An awareness of the power of social media in everyday professional life is also needed in order to profitably incorporate the benefits into one's job. This chapter will focus on the advantages and disadvantages of law enforcement in social media.

It is not far-fetched to think that investigators may also recognise further investigative leads that could very likely lead to the identification of the crime suspect or even to the clarification of the entire facts of the case, but must refrain from carrying out the criminal procedural measures required for this purpose, since these are not provided for by the legislature for all offense areas. If neither the police nor the public prosecutor's office are able to identify an offender using the classic measures available under criminal procedure, the public prosecutor's office will discontinue the criminal proceedings.

A readily available and much more resource-friendly way of obtaining information could be the evaluation of open-source intelligence (OSINT) from social networks. Investigative activities in social media could also be linked to significantly lower powers of intervention and thus be applied in a straightforward manner. In certain cases, there might not be any interference with the fundamental right of the respective user account holder at all, thus making an enabling basis obsolete.

2 Background

First of all, it is necessary to explain the concept of OSINT data, to address its evaluation and to explain which social media could be considered for criminal investigation on the Internet. Next, it is necessary to explain the legal requirements that the legislator has created.

"Publicly Available Information, which is data, facts, instructions, or other material published or broadcast for general public consumption; available on request to a member of the general public; lawfully seen or heard by any casual observer; or made available at a meeting open to the general public." (Morrow, 2006, p. 2-1)

Accordingly, OSINT data is any publicly available information that has been published by an originator for free disposal and where the originator no longer has control

over the continued use of that information. Accordingly, data from social media constitutes OSINT data.

According to the view taken here, Wehlte (2016, p. 118) has recognised that it is not so much the extraction of information from social media that poses a problem, but rather the evaluation and interpretation of the data obtained. The source is judged on the basis of the information it has provided so far or on how it is to be assessed based on the overall circumstances. For the evaluation of the information, it is not the personal assessment of the investigator that is decisive, but the proximity of the source to the information reproduced. This should enable a value-free assessment (Kroll and Schwarz, 2001, p. 215).

It is important to note that the communication channels in real and virtual groups differ significantly. In the real group, information is passed on through distributors before it reaches the user. In the virtual group, on the other hand, the information is passed on directly from the source to the user, and then discussed and passed on within the group. This is a complex and undirected form of information transmission (Labudde, 2018, pp. 10-11). The transmission of information does not only take place within a group. The transitions to other groups are fluid.

The increasingly intensive use of social media is leading to exponential data growth and an accompanying large data pool in social media. IT experts and market researchers refer to this as Big Data (Welker and Kloß, 2014, p. 37). The data volumes on the Internet fulfil three essential requirements for big data: an enormously large amount of data (volume), a variety of different information in the form of images, sound, video, and text (variety), and a high speed in the creation of new information, but also in terms of processing and analysis requirements (velocity) (Scheffler, 2014, p. 20). Big Data is actually intended to express that the volume of data cannot be analysed as a whole without further ado due to its size and/or other factors. Conversely, however, it also follows that one obtains numerous promising data for analysis if one only considers partial areas.

This finding is supported by several studies. According to these, social media are used by online users for more than an hour a day on average. The usage behaviour is more intensive on weekends than on weekdays. One in four online users operates their own channel on the social network and counts around 175 people among their interested users (followers/friends) (Tesche, 2018).

3 Methods

For this contribution, open-source data of 90 onliners was observed over 20 days in their social media lives. A methodology was developed for the empirical data collection and analysis, which is explained in the following five subsections. The following online services were selected:

- Instagram,
- Facebook,
- Twitter,
- Snapchat and
- YouTube.

In this contribution, the focus is on the collection of OSINT data from normal onliners for the purpose of motion profiling. In order to ensure the most detailed collection of all eligible digital identity data, a database was created for each digital identity. In each database, tables were created for the five online services. In these the following contributions were stored, that were published via an online service:

- date and time,
- story (yes/no),
- capture type,
- location (address),
- location (location in own words),
- activity,
- accompanying person and
- additional information.

It was assumed, that the determination of general activity could sometimes be difficult. If the digital identity meets with her family during her free time, the general activities of family and also free time could be considered. If everyone eats together, a third variation would be possible. The deciding factor in selecting the general activity was always what was in the foreground.

Examples:

1. The digital identity is on vacation at the beach with its family and is sunbathing.
2. The digital identity is eating pizza in a restaurant with its family on vacation.
3. The digital identity, who is not at home much, is sitting with her family on the couch in the living room playing a board game.

In the first example, the focus is on recreation on vacation away from everyday life. Accordingly, it is the general activity of “leisure”. In the second example, the focus is on eating together on vacation. Here, the general activity “eating” is relevant. In

the third example, the focus is on spending time together with the family. For this reason, this should also be selected as a general “activity”. The three activities can be described in more detail using the activity field. Thus, in the first example the activity would be described as "sunbathing," in the second example as "eating pizza," and in the third example as "playing board games”.

Data collection took place from 11:19 a.m. on April 21, 2019, to 10:10 p.m. on May 10, 2019. During this time, all published posts of the previously mentioned digital identities were recorded in the respective available online services and entered into the corresponding databases. In doing so, care was taken to ensure that data collection was as seamless as possible, with only unavoidable delays caused by general human needs coming into play.

For the statistical analysis of the collected data, a profile was created for each digital identity in the form of a collection of tables including continuous text on the further findings about the digital identity, the recognised habits and other special features about the digital identity. In addition, a summary table collection was created to illustrate the statistical results of the five groups of digital identities.

4 Results

During the observation period, 4,186 entries were recorded in the five online services and subsequently evaluated. A geotag was found for 834 entries and the location was known for 696 entries. YouTube was not considered further because none of the 90 onliners was active there during the period under review. One user was active on Twitter, but his 7 entries referred exclusively to his new Instagram account.

4.1 Instagram

Instagram recorded the highest usage rate among all online services. This result confirms the study on social media usage behaviour. It also takes into account the fact that every digital identity has an Instagram user account, but not user accounts for the rest of the online services.

Of the 90 online users, 86 could be viewed on Instagram. Four had not posted anything during the period under consideration. With 2,678 posts, there was a 90% usage rate, meaning 9 out of 10 posts were on Instagram, and one was on another social network studied. The ratio of Stories to posts was 80%. Instagram Stories allows users to compile photos and videos for a slideshow that remains viewable for 24 hours. 1,027 locations were detected, which is a 38% detection rate. Most locations were detected with geotags or hashtags. The detection rate was highest for posts related to work at 70% and related to leisure at 63%. Additional clarification was achieved by manually researching terms and contexts. The overall recognition rate was 59%.

By comparison, the recognition rate for *flyinguwe* and *mamiseelen* was approx. 80%, and for Lena Gercke only approx. 40%. This circumstance could be related to the fact that the locations of *mamiseelen* and *flyinguwe* were known significantly more often. For *lenagercke*, few habits and hardly any background information could be derived from social media.

Examples of motion images:

Of *orchidee_2309*, 107 of 108 entries could be assigned geographically. Entries were made daily with the exception of one day, and daily routines were described. There was regular background information on family, occupation, and hobbies. The exact home address was on the letterhead.

fraui.jaci was very active with 187 entries. However, only 18% of the entries could be assigned geographically. Many entries were motivational sayings, selfies, showed family life or photos from different parties.

4.2 Facebook

42 onliners have a (known) Facebook user account. 33 of them did not publish an entry during the period under review. With 118 entries, however, the usage rate was only a very low 3.96%. 63 entries could be assigned to a geographical location. This corresponds to a recognition rate of 53.85%, which is even higher than that of Instagram. Geotags (56) and hashtags (55) led most often to the recognition of the location.

Content related to food or leisure had the highest recognition rate. Only 9 digital identities published at least one post on Facebook during the period under review. With 70 of 118 posts, *orchidee_2309* published just under 60% of all posts in the entire group.

4.3 Snapchat

For the onliners, 10 user accounts could be found on Snapchat. 6 digital identities did not publish any entries during the observation period. For 175 entries, the usage rate was 5.84%. 124 entries could not be assigned to a geographical location. This corresponds to a recognition rate of 29.14%. With the help of the snap map, significantly more entries could have been assigned to a location. However, this can only be used if the user's own location is revealed. For this reason, this function was not used. Most frequently, entries were assigned by the acquisition type “known” (34). This was followed by “visual” (20), “research” (12), “hashtag” (2) and “geotag” (1). Entries broke down into six general activities. The highest recognition rate is 87% by “work” with 23 entries and 20 recognised locations. “Leisure” follows far behind with 73 entries and 18 recognised locations (25% detection rate), other with 64 entries and 11 recognised locations (17%), and “eating” with 9 entries and one recognised location (11%).

“Shopping” (4 entries) and “spreading opinion” (2 entries) each could not be geographically assigned. Only the entries of the general activity “leisure” (17) and “eating” (1) were published in company. However, one location could not be identified. Of the total 124 locations that remained unknown, 5 could be identified based on the chronology of their publications (4.03% potential recognition rate) and 21 could be identified as residential addresses (16.94%) via the police information systems. This results in a potential recognition rate of 20.97%. This could increase the detection rate from 29.14% to 44%.

5 Discussion

In this research, 90 digital identities were to be observed over a period of 20 days in five online services with different objectives and user activities. After 20 days, it can be seen that the data from the 90 observed digital identities is suitable for drawing a movement profile for each digital identity.

However, it became clear that it is sometimes not always easy to track the digital identities even throughout the social media, as deletion or renaming of the respective user account is possible at any time and the user's subscribers are not informed about this either.

The snap map seems to be a tried and tested means of being able to locate users around the clock. There does not seem to be too strong an encroachment on fundamental rights despite the requirement of connecting two user accounts as "friends", as no verification of personal data is carried out and impersonating an acquaintance or friend of the suspect is usually not necessary. Snapchat user accounts are regularly publicly displayed on profiles of other online services. However, the Snap Map was not used for research because one's location must be disclosed in order for another user's location to be viewed. For the same reason, the use of the Snap Map could also be waived in criminal proceedings.

For some posts, it was questionable whether the publishing time also corresponded to the time the photo or video was taken. When publishing a post or story, either the camera of the end device or the album of the end device can be used. Consequently, there is always the possibility of using old files. Clues for matching the time of recording and the time of publication could often be provided here by lighting conditions and clothing. In addition, it was also questionable how meaningful a geotag or hashtag can be if the online services allow a location-independent selection of locations when selecting the geotag and any combination of characters and digits can be placed after a hashtag (#).

6 Conclusion

The data collection focused on the date and time of publication and the location. Other factors of great relevance were the activity and the accompanying persons. These data can be used to determine when a person was with whom at which location and what they were doing there. If these data are supplemented by several similar data, a movement profile emerges. If there are enough companions, a social profile can also be created. The work also showed that geotags generally provide a good indication of the location of the digital identity. However, other capture types such as information about the environment can also provide a good hit rate.

Instagram turned out to be the leading medium and is excellent for motion profiles. With Snapchat, a lot of potential could be seen especially in the Snap Map. However, some social online services such as YouTube and Twitter also turned out to be unsuitable. With the increasing digitisation of everyday life, more and more offenders are also moving in the digital world. Law enforcement agencies must not lose touch here.

7 References

Kroll, O.; Schwarz, U. (2001): Kriminalistik-SKRIPT. Die kriminalistische Fallanalyse. Studienbriefe für die Fachhochschulausbildung der Polizei. Kriminalistik 55 (3), pp. 215–216.

Labudde, D. (2018): Gruppen in Sozialen Netzwerken - Organisation und Dynamik. In: Honekamp, W.; Bug, S. (Hg.), Polizei-Informatik 2018. Remscheid: Rediroma Verlag, pp. 8–21.

Morrow, J. E. (2006): Open Source Intelligence. U.S. Army Field Manual Interim FMI 2-22.9. Hg. v. Headquarters, Department of the Army. US Army. Washington, DC. Retrieved on 31.03.2022 from https://fas.org/irp/doddir/army/fmi2-22-9.pdf.

Scheffler, H. (2014): Soziale Medien. Einführung in das Thema aus Sicht der Marktforschung. In: König, C.; Stahl, M.; Wiegand, E. (Hg.), Soziale Medien. Gegenstand und Instrument der Forschung. Wiesbaden: Springer VS, pp. 13–27.

Tesche, Y. (2018): Digitale Nutzung in Deutschland 2018. Abbildung der aktuellen digitalen Mediennutzung in Deutschland und Darstellung möglicher Trends, sowie Analyse des grundsätzlichen Verständnisses von Digitalisierung. Hg. v. Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. Düsseldorf. Retrieved on 31.03.2022 from https://www.bvdw.org/fileadmin/user_upload/BVDW_Marktforschung_Digitale_Nutzung_in_Deutschland_2018.pdf.

Wehlte, T. S. (2016): Open Source Intelligence. In: Honekamp, W.; Mielke, J. (Hg.), Polizei-Informatik 2016. Remscheid: Rediroma Verlag, pp. 115–122.

Welker, M.; Kloß, A. (2014): Soziale Medien als Gegenstand und Instrument sozialwissenschaftlicher Forschung. In: König, C.; Stahl, M.; Wiegand, E. (Hg.), Soziale Medien. Gegenstand und Instrument der Forschung. Wiesbaden: Springer VS, pp. 29–51.

Digitization in the General Practitioners Practice – A Patient Survey

Ivonne Honekamp

Hochschule Stralsund, Ivonne.honekamp@hochschule-stralsund.de

Pia Niemann

Hochschule Stralsund

1 Introduction 259

2 Method 260

3 Results 260

4 Discussion and Conclusion 265

5 Bibliography 267

Abstract:

The aim of the research is to determine how far digitization has advanced in the practices of general practitioners (GPs) in Germany and how important digital offers are to patients. To analyze this behavior, a quantitative survey on the use and acceptance of digital services by general practitioners was carried out. For this purpose, students from the Stralsund University of Applied Sciences and employees of the nursing home were asked to take part in a survey on the "use and acceptance of the digital services offered by general practitioners".

With regard to the current use of digital services by general practitioners, there were hardly any differences between the age groups. The survey showed that personal contact with the doctor is still important for most of the respondents. A particularly relevant result, however, is that half of the respondents stated that they could imagine choosing their GP in the future based on the digital services offered. While the younger generations are more likely to use the Internet to find out about digital offers from the doctor, the older generation expect information from the doctor and the practice staff.

The survey showed that only a few general practitioners currently provide digital services. It could be shown that so far only the online appointment arrangement is relatively common. Additional applications are only gradually finding their way into care.

JEL Classification: I10, I11, I12, I19, O3

Keywords: digitalization, general practitioners, patients, utilization, acceptance.

1 Introduction

In recent years, the digitalization of the German healthcare system has made enormous progress. In addition to laws such as the E-Health Act and the Digital Supply Act (DVG), the Covid-19 pandemic also played its part. The Covid-19 pandemic, which is affecting not only Germany but the whole world in 2020/2021, has "forced" the healthcare system and those involved to act quickly. The aim was to find the contactless methods to be able to continue to provide medical care to the population in any case. A functioning health system is important, as the Covid 19 crisis has shown. It was also recognized how essential data exchange is in research. As a result, more and more digital services are being offered by GPs. This includes arranging appointments online and the opportunity to exchange information with your doctor in a video consultation. However, these technologies are not only new territory for patients, but also for the doctors. (Bergh, 2020)

The electronic patient file was introduced in 2021 and the e-prescription should follow in January 2022. However, the introduction of the e-prescription has been postponed until further notice. Networking, which means the electronic communication and exchange of health data between healthcare facilities is progressing rather sluggishly and, above all, not nationwide. General practitioners often resort to well-known procedures instead of relying on new techniques. Reasons for this are often the time to select an introduce new techniques, financial resources as well as the still insufficient benefit that is seen in some new technologies (Kahl, 2021).

For many patients talking to the family doctor face to face about the illness and symptoms or calling the practice to make an appointment, is still the standard. The acceptance, distribution, and use of digital offers in Germany is far from the level of other European countries. (European Commission, 2018) "In an international comparison, however, Germany has to catch up," (Krach, 2020, State Secretary for Science and Research of the Berlin Senate Chancellery).

The aim of this article is to shed light on the current status of the digitalization of family doctor practices in Germany. With the help of an online questionnaire, it is intended to find out which digital services family doctors already offer, which of these services patients use and how relevant digital services provided by family doctors will be in the future from the patient's point of view.

In the following chapter the methodical procedure will be described. Then results are presented based on several illustrations. In the last chapter the results will be discussed, and conclusions will be drawn.

2 Method

In this research article, among others the following questions shall be answered:

- Does the GP offer digital services (e. g. video consultations, online appointment reservations)?
- Has the interviewee already searched or asked for digital offers?
- Has the interviewee already used digital offers?
- Could the interviewee imagine using these technologies in the future?

For this purpose, the students and employees of the Stralsund University of Applied Sciences as well as the employees of a large nursing facility in Stralsund were asked to fill out a questionnaire. The survey was designed in such a way that the answers refer to the respective general practitioner of the respondent. The content of the survey was the digital offers of their doctor, which were briefly presented in the introductory text of the survey. The students were invited to participate via e-mail and a corresponding link (survey period from January 6th, 2021, to February 17th, 2021). A text tailored to students should motivate them to take part in the survey. The employees of the nursing home received a printed form due to previously discussed doubts about the required technical requirements (survey period from January 19th, 2021, to February 19th, 2021). The implementation was discussed in advance with the facility management and the questionnaire was viewed beforehand. A high level of participation was requested at several staff meetings.

The questionnaire consists of a total of 18 questions with predefined answer categories (except for job title). The first two questions refer to the participant's general practitioner. Questions three to 14 deal with the current and future use of digital offers. In the last section, personal information about the respondents is collected. These include age, gender, and occupation.

A total of 459 people took part in the survey, of which 400 questionnaires can be evaluated. Questionnaires that contained contradictory information or were not completed were not included in the analysis. Due to the high number of participants among the students, the majority of the participants are aged under 30.

3 Results

The following results are based on 400 complete questionnaires. 48.3% participants are male, 51.3% female, one person diverse and one other did not want to state their gender. Figure 1 shows that most of the respondents are between 20 and 30 years old.

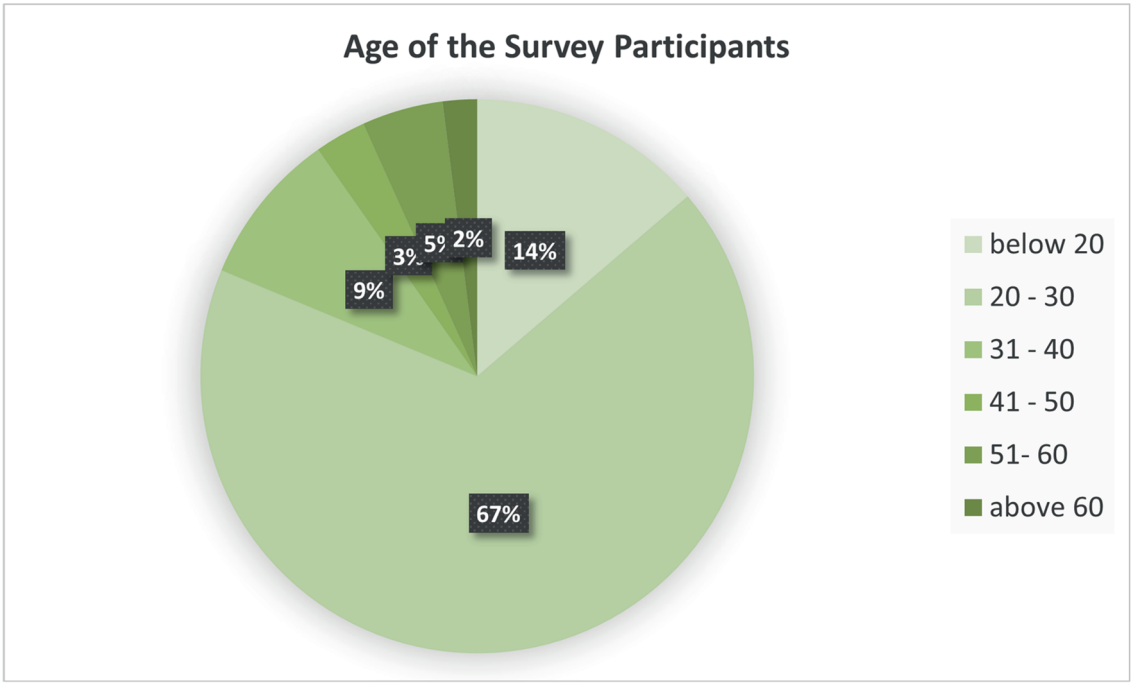


Figure 1: Age of the survey participants

82.2% participants are students or already have a university degree. While 6.5% work in healthcare and 11.3% did not provide information or cannot be assigned to either group. When asked about the gender of the individuals GP 43.3% answered that their general practitioner is a man and 56.5% visit a female general practitioner. It has also been asked how long someone has been in treatment with his or her GP. Figure 2 shows that 30% have been patient with the same GP for more than nine years, followed by 27% who are patient from one to less than three years and 13.5 % have been in treatment with their GP for less than a year.

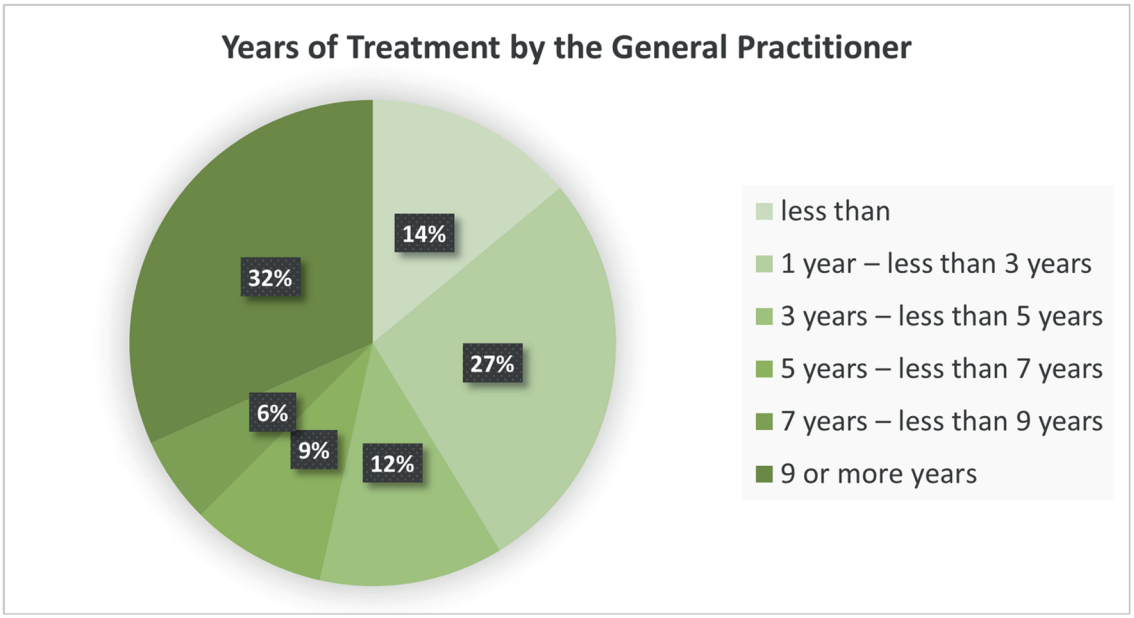


Figure 2: Years of Treatment by the General Practitioners

The answers to the questions on the use and acceptance of the digital offers are then analyzed. The table presenting all the results is on the CD.

The question about the current range of digital applications offered from ones GP was answered by 400 participants. The result of the answers showed that 4.0% offer a video consultation, 7.5% scheduling online appointments, 3.8% an e-prescription and 6.0% a digital certificate of incapacity for work (see Figure 3). Therefore, online appointment scheduling with general practitioners is the most frequently offered procedure to date. Nevertheless, 56.5% of those surveyed stated that their GP does not provide any of these digital applications and 32.8% of those surveyed do not know whether digital applications are available at all.

The respondents also had the possibility to specify other offers from the general practitioner. 2.5% gave answers such as "telephone consultation hours", "write messages via patient app" or "call sick leave".

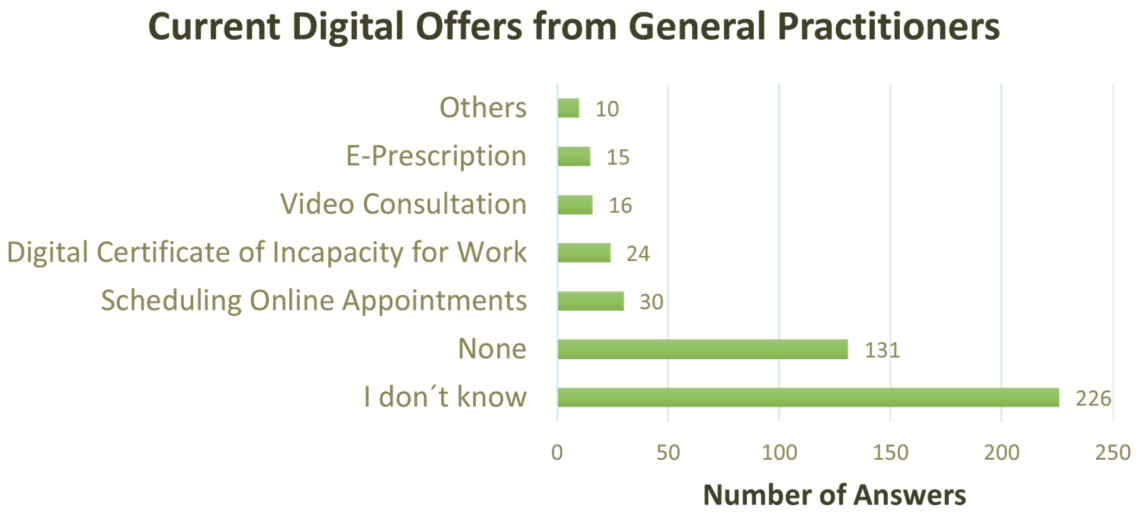


Figure 3: Current Digital Offers from General Practitioners

Figure 7 refers to the use of the GPs digital offers by the respondents; multiple answers were also possible here. The number of participants in this question was 399. There were 9 answers each (2.3%) for participating in a video consultation or for submitting an electronic certificate of incapacity for work (see Figure 7). There were 33 (8.3%) answers for online appointment scheduling and 14 (3.5%) for electronic prescriptions. The majority of those surveyed, i. e. 346 (86.7%), stated that they had not yet taken advantage of any offer (see Figure 4). Another 10 (2.5%) answers were given for the "Other" option. Again, options such as "laboratory evaluation by telephone", "telephone consultation hours" or "telephone for the purpose of issuing a prescription" were given.

When asking these respondents about their experiences with digital offers they used 21.5% (17) rated their experience as very good, 35.4% (28) rated their experience as good, 30.4% (24) as mediocre and 12,6% (10) as poor and very poor.

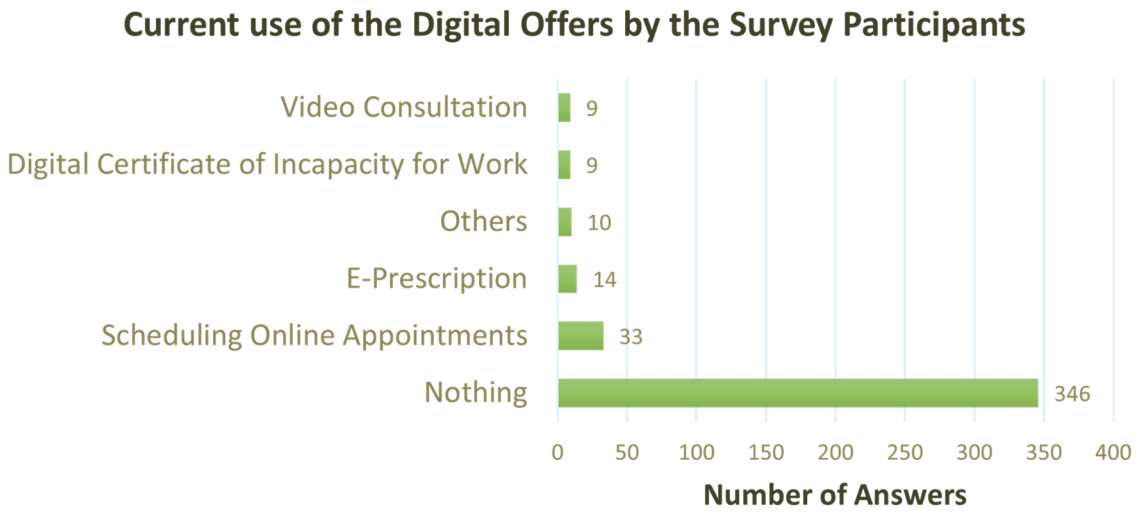


Figure 4: Current use of the Digital Offers by the Survey Participants

Another question intended to find out how the patients became aware of these digital offers (Figure 5). It should be noted here that this question could only be answered by respondents who had already used such an application. 24 respondents received the information from the GPs homepage, 12 came across this information through an internet search and 20 were made aware of it personally by their family doctor. 14 respondents each received tips from practice staff and friends and/or acquaintances and 13 became aware of digital offers through their families.

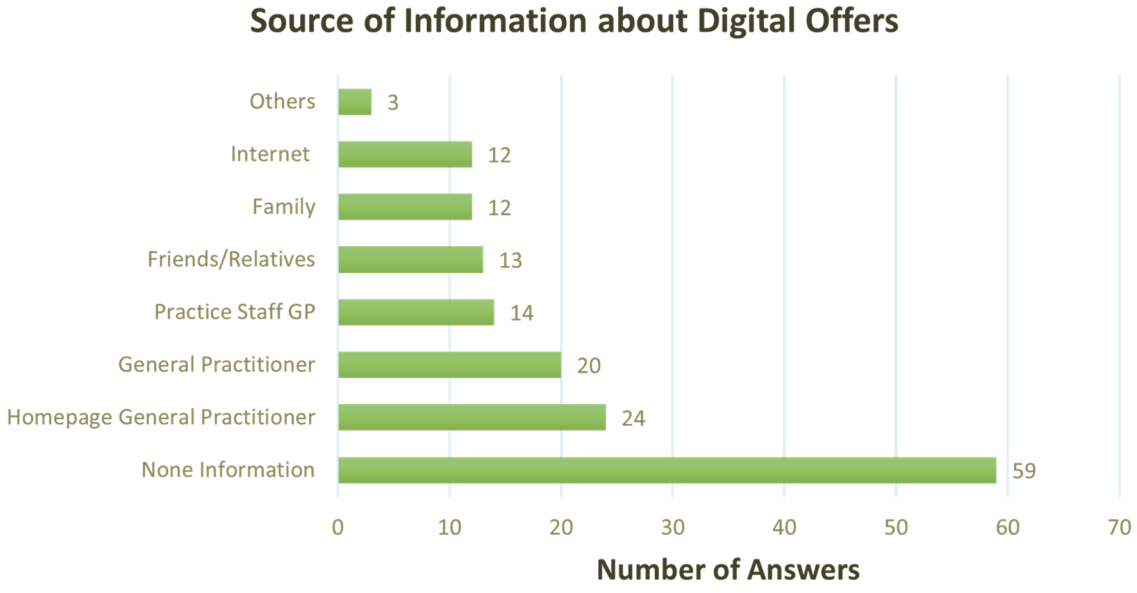


Figure 5: Source of Information about Digital Offers

It has also been asked whether the respondents chose their GP based on the availability of digital offers. Of the 143 people who answered this question, 4.2% answered yes and the remaining 95.8% answered no. For those for whom digital offers played a role in the selection of a GP, for 13.3% making an appointment online was important, for 8.3 % the video-consultation, for 6.7% the e-prescriptions and for 5% the electronic certificate of incapacity for work.

To find out more about the future relevance of digital offers, respondents were asked "Would you choose your family doctor based on digital offers in the future?" Half of the 394 participants in the survey answered this question with a clear yes or that they would tend to do so. The other half of the respondents would rather not choose their GP based on digital offers (Figure 6).

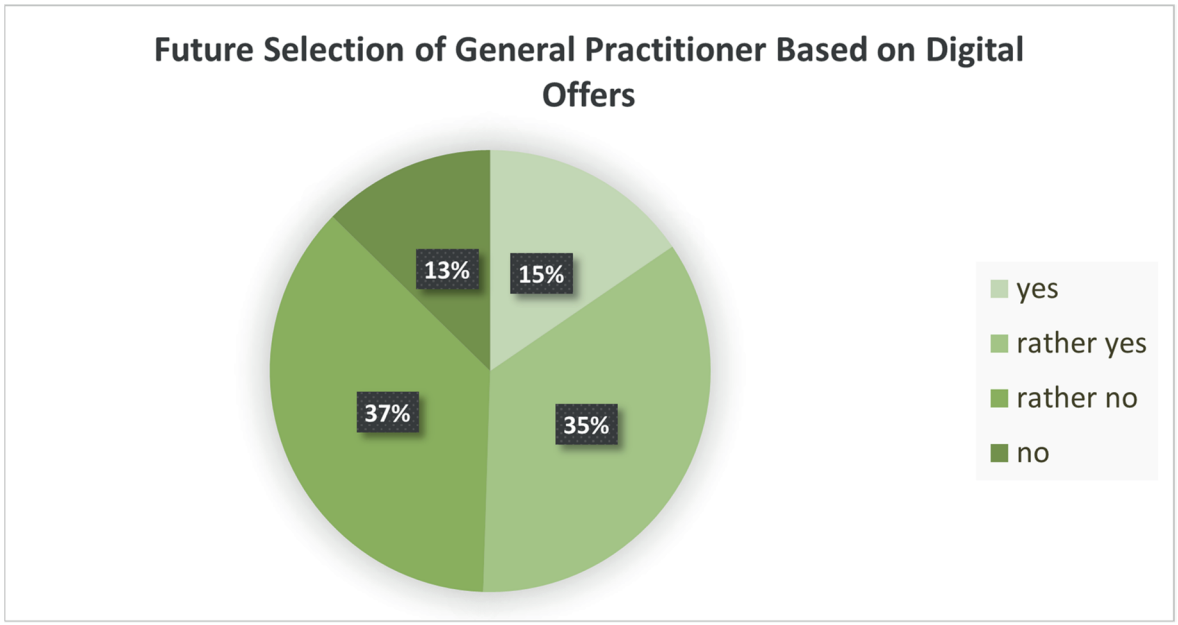


Figure 6: Future Selection of General Practitioner Based on Digital Offers

It has also been asked if the outbreak of the Covid-19 pandemic, has an impact on the use of these offers. Of the 400 participants, 3.8% answered "yes" and 11.5% "rather yes". The majority, 70.8%, said that the situation during Covid-19 has not affected their behavior. Another 14.0% gave "rather not" as their answer.

The last four questions are related to the future use of digital offers. Respondents were asked: "If you have never used a digital service before, would you do so in the future?". All 400 people answered this question and 59.0% of them voted a clear yes, 28.8% are not yet completely conclusive and said, "rather yes", 10.3% are still unsure, but think "rather no" and 2.0% do not want to use it in the future.

The next question of interest asked which of the digital offers will most likely be used in the future (Figure 7). More than 80% would use the online appointment scheduling,

the digital certificate of incapacity for work and the e-prescription and almost half of the participants could imagine to have a video consultation with their doctor.

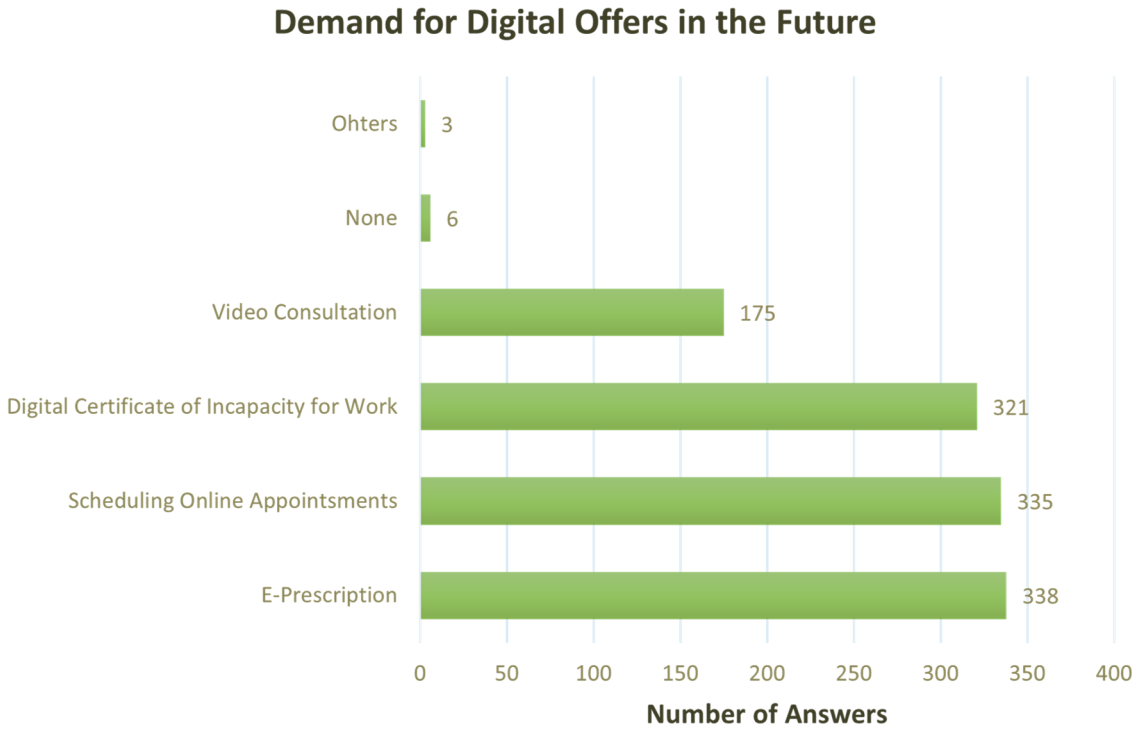


Figure 7: Demand for Digital Offers in the Future

Future use is examined more closely with the question of whether the subjects would consult their general practitioner more often if digital services were available. Of the 400 respondents, 12.8% said “yes” and 24.3% “rather yes”, meaning they would consult their family doctor more often with digital offers. 37.0% participants answered “rather no” and 26.0% “no” and would therefore not change their behavior in the future.

The last question asked which contact the respondents would prefer in the future. The majority, 66.8% of the 400 respondents, opted for the variant of direct or personal contact, while 10.0% would prefer to contact their GP digitally, e. g. using the video consultation, and 23.3% were unsure and might consider both variants.

4 Discussion and Conclusion

Now the results are discussed based on the four research questions.

- Does the GP offer digital services (e. g. video consultations, online appointment reservations)?
- Has the interviewee already searched or asked for digital offers?
- Has the interviewee already used digital offers?
- Could the interviewee imagine using these technologies in the future?

In view of the COVID 19 pandemic, which had been prevalent for a year at the time of the survey, it was surprising that, according to the answers given by those surveyed, only a few of the general practitioners offer digital applications. For example, video consultations or online appointments were offered by less than 10% of general practitioners. One reason for this could be that young students, who make up the majority of the sample, rarely go to the general practitioner. It is possible that many have not seen their family doctor in recent years and have therefore not informed themselves about possible digital offers. It is therefore possible that general practitioners are digitized to a greater extent, but the patients are not yet aware of this.

Some of the offers examined are still in the introductory phase in Germany and must be established in everyday practice. This could also be an explanation for the low supply and lack of advertising. Even if the respondents are hardly aware of any digital offers and have only used them to a limited extent, half of those surveyed would include digital offers from a family doctor as a selection criterion for choosing a family doctor in the future. This shows that general practitioners should not neglect these offers. In addition, the family doctor should make his/her patients aware of his/her digital offers via the homepage, practice staff or in person.

The respondents probably see a great benefit for themselves in the advancing digitalization in medical practices, recognizable by the clear tendency that almost 90 percent of the respondents want to use digital offers in the future. Online appointment scheduling, electronic prescriptions and electronic certificates of incapacity for work will be particularly popular. More than 80 percent of those surveyed would use these offers in the future. It was stated, however, that this selection would be used more frequently with better planning and a reduction in the error-proneness of the technology on the part of the practices. However, the video consultation seems to continue to stand behind the personal visit to the doctor in the future, because only just under 40 percent could imagine using it. This tendency is also reinforced in the question about the preferred type of contact. More than 60 percent of those surveyed still prefer direct contact with their general practitioner. Doctors therefore do not have to worry about finding empty waiting rooms in the future.

Finally, the survey showed that there is potential. Nevertheless, it will still take some time before the digital offerings are accepted and used equally by all age groups. In addition, GPs should rethink what they offer and consider digital solutions for their practice. Younger patients in particular are increasingly being addressed and life could also made easier for the elderly. All stakeholders should be open to new ideas and support each other. In the years to come, when the digital offerings are prescribed as standard procedures, it is expected that use and acceptance will increase. In the past 20 years, the digital revolution in the German healthcare system has held back and people still work with analogue processes in many areas, which is mainly due to

the lack of acceptance by service providers and their patients (Federal Ministry of Health, 2020). Physicians must be willing to embrace innovative technologies and establish them in their practices. The surveys show that so far only online appointment scheduling is relatively widespread. Additional applications only gradually find their way into the supply. In the GPs considerations to engage in digitization it seems that at the moment the potential benefit of new technologies is not sufficient to outweigh the effort to choose the right service-provider, the costs and the burden of adjusting routine processes.

5 Bibliography

Bergh, W. Van Den (2020): „Interview mit Professor Jörg Debatin: App auf Rezept: „Wir betreten Neuland“, In: ÄrzteZeitung. Abgerufen am 08.12.2020 von https://www.aerztezeitung.de/Politik/App-auf-Rezept-Wir-betreten-Neuland-415365.html.

European Commission (2018): „Mitteilung zur digitalen Gesundheitsversorgung und Pflege 2018“. Abgerufen am 15.02.2021 von https://ec.europa.eu/health/ehealth-digital-health-and-care/overview_de.

Federal Ministry of Health (2020): „Digitale Gesundheit 2025“, In: Broschüre des Bundesministeriums für Gesundheit, Abgerufen am 13.05.2022 von https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Gesundheit/Broschueren/BMG_Digitale_Gesundheit_2025_Broschuere_barr.pdf

Kahl, O. (2021): “Studienarbeit: Die Telematikinfrastruktur in der vertragsärztlichen Praxis“. In: Journal 03, S. 7.

Krach, S. (2020): „COVID-19: Pandemie beschleunigt Innovationen im Gesundheitswesen“. In: Deutsches Ärzteblatt. Abgerufen am 26.08.2020 von https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/115940/COVID-%2019-Pandemie-beschleunigt-Innovationen-im-Gesundheitswesen.

Das Auto als forensischer Datenspeicher – Technische Hilfsmittel und Möglichkeiten einer forensischen Auswertung von Kfz-Elektroniksystemen

Heiko Polster

Forensic Science Investigation Lab, Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences, D-09648 Mittweida, heiko.polster@hs-mittweida.de

Dirk Labudde

Fraunhofer SIT Darmstadt, Rheinstraße 75, D-64295 Darmstadt, dirk.labudde@hs-mittweida.de

1 Einleitung 271

2 Grundstruktur der Kfz-Elektronik, Versuchsaufbau 271

3 Tools zum Auslesen von klassischen Kraftfahrzeugen 274

4 Diagnose aktueller Kraftfahrzeuge 278

5 Verwendung von ermittelbaren Daten aus klassischen Kraftfahrzeugen 279

6 Diskussion / Zusammenfassung 284

7 Literaturverzeichnis 285

Abstract:

Heutige Kraftfahrzeuge beinhalten eine große Anzahl an elektronischen Komponenten. Die Steuergeräte sind sowohl intern miteinander über Bussysteme als auch extern vernetzt. In diesen Steuergeräten werden eine Vielzahl an Daten gespeichert, die aus Ermittlersicht zur Aufklärung von Unfällen oder sogar Straftaten herangezogen werden können. In diesem Paper wird die Akquise von Daten aus Kraftfahrzeugen anhand ausgewählter Beispiele dargestellt. Es werden neben der grundlegenden Architektur der in Kraftfahrzeugen verbauten Bus-Systeme verschiedene technische Hilfsmittel aufgezeigt, die zur Datenextraktion Verwendung finden können. Eine besondere Rolle spielen extrahierbare Fehlermeldungen in Steuergeräten, wobei diese Daten via On-Board-Diagnose oder auch direkt aus Steuergeräten auslesbar sind. Es wird dargestellt, welche Informationen diese Fehlermeldungen beinhalten und wie diese für Ermittler verwendbar sind. Im weiteren Verlauf wird dargestellt, wie aus Schlüsseltranspondern Informationen gewonnen werden können, sodass diese Daten mit anderen forensischen Informationen verknüpfbar sind. Ein weiteres Ziel des Papers ist die Darstellung der Analyse von Infotainmentsystemen, die unter anderem Positionsdaten, gespeicherte Routen, Telefondaten oder auch genaue Abstellorte eines Fahrzeugs zu einem definierten Zeitpunkt beinhalten können.

JEL Classification: C83, C88, C93, I23, L62, Y5, Y50

Keywords: Car-Forensik, Kraftfahrzeug-Datenextraktion, forensische Werkzeuge.

1 Einleitung

Der digitale Wandel hat das Kraftahrzeug von einem isoliert zu betrachtenden Fortbewegungsmittel zu einem unablässig mit seiner Umwelt kommunizierendem System verändert. Dank der Vernetzung von Fahrzeugfunktionen (Antrieb, Lenkung, Bremsen, Komfort und Infotainment) durch Bussysteme sowie der Kommunikation des Fahrzeugs mit seiner Umgebung durch Mobilfunk, eCall oder Car2X sind Fahrzeuge heute effizienter, komfortabler und sicherer geworden. Ein modernes Fahrzeug besteht dabei heute aus ca. 100 Millionen Zeilen Programmcode [Kfz-Betrieb Vogel (2019)], verteilt auf mindestens 50 verbaute Steuergeräte. In der Statistik aus [Statista (2021)] wird ein prognostizierter Anteil an vernetzten Kraftfahrzeugen in den USA, China und der Europäischen Union bis in das Jahr 2035 dargestellt. So werden im Jahr 2035 in der Europäischen Union etwa 72 % der Kraftfahrzeuge vernetzt sein.

In [JUNIPER (2018)] wird dargestellt, dass es im Jahr 2023 Schätzungen zufolge 775 Millionen vernetzte Fahrzeuge geben wird, die mittels fahrzeugeigener Telematik oder über eine Smartphone-App verbunden sind. Diese stark steigende Zahl vernetzter Fahrzeuge gepaart mit der ständigen Erweiterung um neue Schnittstellen mit der Umwelt eröffnet die Möglichkeit, dass Unbefugte das System des vernetzten Fahrzeugs kompromittieren.

In den zahlreichen Software-Komponenten vernetzter Fahrzeuge finden Sicherheitsforscher immer wieder Schwachstellen. So lassen sich die meisten Softwarefehler in Mobilfunk-Anbindungen sowie in Ortungs- oder Notrufsystemen aufzeigen mithilfe derer in Infotainmentsysteme eingedrungen werden kann, um anschließend die Steuerelektronik zu kompromittieren. Teilweise ist es für die Funktionalität der Komfortanwendungen im Fahrzeug aber notwendig, Fahrzeugdaten an das Infotainmentsystem zu senden. Hier ist es wichtig, den Datenfluss in die andere Richtung zu unterbinden, um eine Kompromittierung der Steuerelektronik zu verhindern. [IEEE (2010)], [KASPERSKY (2015)], [INGENIEUR.DE (2015)]

Diese Arbeit befasst sich mit Techniken und Methoden, um Daten aus Kraftfahrzeugen und deren Steuergeräten extrahieren zu können. Es wird an Beispielen dargestellt, wie man diese Daten interpretieren kann, um forensische Informationen zu erhalten.

2 Grundstruktur der Kfz-Elektronik, Versuchsaufbau

2.1 Grundstruktur der Kraftfahrzeug-Elektronik und Datenquellen

Ausgehend von der Grundstruktur der Elektronik in Kraftfahrzeugen können verschiedene Steuergeräte im Fahrzeug oder auch Schlüssel zur Untersuchung herangezogen werden. Aus Steuergeräten ist eine Datenextraktion möglich, da diverse Daten

elektronisch gespeichert sind. Abbildung 1 zeigt exemplarisch die klassische Grundstruktur der On-Board-Elektronik eines Kraftfahrzeugs.

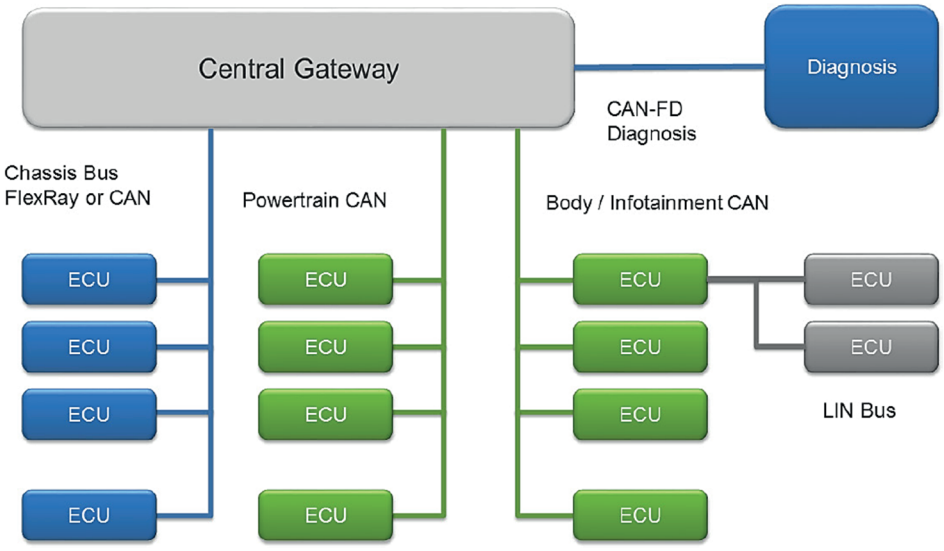


Abbildung 1: Grundstruktur Kraftfahrzeug-On-Board-Elektronik eines Kraftfahrzeugs
Quelle: Lieder, 2017

Wichtigstes Element der On-Board-Elektronik ist das zentrale Gateway, an dem alle Bus-Systeme angeschlossen sind. Das zentrale Gateway selbst übersetzt elektronische Informationen von einem System in andere Bus-Systeme. Dies ist notwendig, um beispielsweise Daten zur gefahrenen Wegstrecke vom zugehörigen Sensor an das Navigationssystem zu übermitteln. Die Daten werden dabei von einem CAN-System über das Gateway an das Multimediasystem gesendet. Je nach Ausstattung des Fahrzeugs können mehrere CAN-Bus-Systeme (CAN: Controller Area Network), z. B. Antriebs-CAN, Komfort-CAN, Diagnose-CAN, Abstands-CAN, FlexRay oder auch der Infotainment Bus (MOST: Media Oriented Systems Transport) verbaut sein. Zusätzlich zum CAN-Bus ist der Einsatz eines weiteren Subbussystems möglich, das als LIN (Local Interconnect Network) ausgeführt ist und für einfache Sensor- Aktor-Anwendungen Verwendung findet.

In den einzelnen Steuergeräten ist ein Speicher integriert, in dem Fehlermeldungen zu auftretenden Störungen während des Betriebs abgelegt werden. Diese Meldungen werden auch als Diagnostic Trouble Codes bezeichnet und helfen in der Werkstatt, Defekte schnell erkennen und beheben zu können. Aus diesen Daten können Informationen zu Fehlern selbst, als auch Umgebungsinformationen, z. B. Zeitpunkt des Auftretens, Kilometerstand, Umgebungstemperaturen etc., gewonnen werden.

Aktuellere Kraftfahrzeuge beinhalten zusätzlich Automotive Ethernet als Bus-Komponente, wobei sich die Struktur der On-Board-Elektronik wie in Abbildung 2 darstellt.

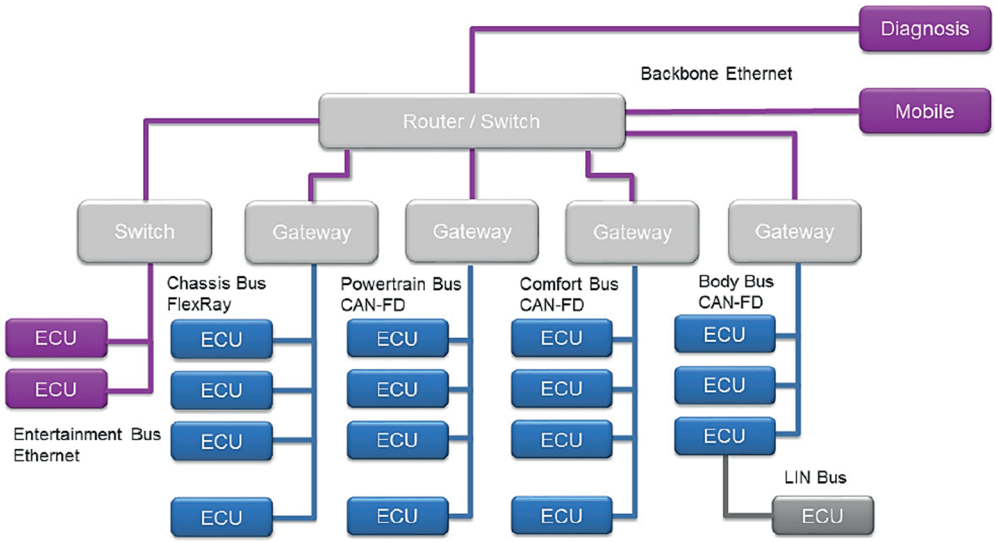


Abbildung 2: Struktur der On-Board-Elektronik mit Automotive Ethernet
Quelle: Lieder, 2017

Das zentrale Gateway ist durch einen Backbone-Router ersetzt. Dieser verteilt die Nachrichten an Domänen-Gateways, an denen klassische Fahrzeugbussysteme angeschlossen sind. Gemeinsam haben beide Systeme, dass jeweils ein Diagnoseinterface zur Verfügung steht. Dieses ist bei klassischen Kraftfahrzeugen der Diagnose-CAN und in aktuellen Fahrzeugen ab ca. 2017 als Ethernet-Verbindung realisiert.

2.2 Versuchsaufbauten zur Datenextraktion

In einigen Fällen ist es notwendig, einzelne Steuergeräte auszulesen. Dies können Motorsteuergeräte, Wegfahrsperren etc. sein. Prinzipiell eignen sich dazu die in Abschnitt 3 vorgestellten Tools. Zum exemplarischen Auslesen einzelner Steuergeräte wurde ein Board realisiert, das mit den relevanten Kommunikationsanschlüssen OBD-2, CAN-Leitungen, K-Line sowie Masse und Bordspannung ausgestattet war.

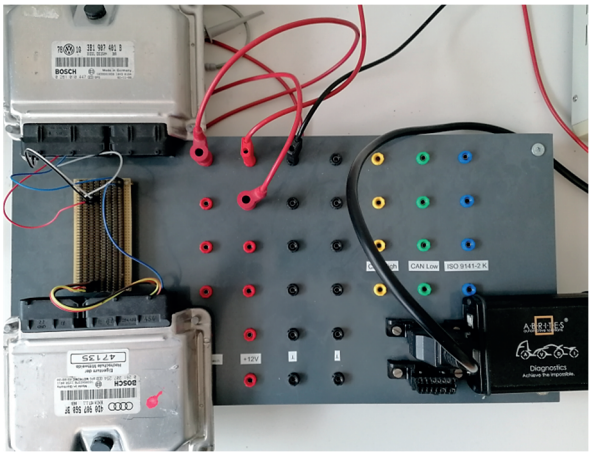


Abbildung 3: Versuchsboard zum Auslesen einzelner Steuergeräte
Quelle: Eigene Abbildung

An diese Anschlüsse wurden verschiedene Steuergeräte aus klassischen Fahrzeugen angeschlossen. Dies waren das EDC15-Diesel-Motorsteuergerät, ein ME7-Benzin-Motorsteuergerät mit jeweils einem K-Line-Diagnoseinterface sowie ein Car Access-System CAS3 von BMW mit Can-Interface.

Zum exemplarischen Auslesen der Diagnoseinformationen eines Kraftfahrzeugs wurde ein Ford Focus mk3 aus dem Baujahr 2011 verwendet.

3 Tools zum Auslesen von klassischen Kraftfahrzeugen

Die Datenextraktion in Form von Fehlermeldungen aus einem kompletten Kraftfahrzeug ist über das Diagnoseinterface möglich, das als OBD-2 (On-Board-Diagnose) in jedem Kraftfahrzeug verbaut ist, wobei in den Normen SAE J2012 und der ISO-Norm 15031 die Fehlercodes für OBD-2 spezifiziert sind. An dieses Interface können diverse Diagnosetools angeschlossen werden.

Zur OBD-2-Diagnose können kommerzielle Tools, wie z. B. Werkstatttester, aber auch Tools von Drittanbietern, z. B. VAGdashCAN, EDIABAS oder das Abrites Vehicle Diagnostic Interface Verwendung finden.

3.1 Werkstatttester

Eine der zahlreich verfügbaren Werkstatttester ist das Diagnosesystem Bosch KTS 980 [Bosch (2021)].



Abbildung 4: Bosch KTS 980 Diagnosesystem mit Kfz-Interface und Notebook
Quelle: Bosch, 2021

Dieses System ermöglicht die Kommunikation über OBD-2 mit den Protokollen ISO 15031, ISO 22900, SAE J2534-1 und -2 (PassThru), ISO 9141-2 (K und L), SAE J1850 VPW und PWM, CAN High Speed ISO 11898, ISO 15765-4 (OBD), CAN Single Wire, CAN Low Speed, ISO 13400 (Diagnose über IP).

3.2 VAGdashCAN

VAG-Kraftfahrzeuge können beispielsweise mit VAGdashCAN diagnostiziert werden, wobei u. a. aber auch die Anpassung oder Wiederherstellung des km-Standes vorgenommen werden kann. Weiterhin gibt es eine Schlüsselanlernfunktion sowie die Möglichkeit, Tachos über die Typenklassen hinweg anzulernen. Es gibt einen vollständigen Zugriff auf den EEPROM (Variablen- und Parameterspeicher) von EDC15-Diesel-Steuergeräten, sowie ME7-Benzin-Motorsteuergeräten. Sämtliche Programmfunktionen sind über die OBD2-Buchse realisierbar.

3.3 EDIABAS

Speziell für BMW-Kraftfahrzeuge kann das Tool Set EDIABAS verwendet werden. Mit EDIABAS ist es möglich, die Diagnose über K-Line und CAN durchzuführen. Weitere Funktionen sind der Start der Regeneration des Dieselpartikelfilters, das Auslesen von Fehlerspeichern aus Steuergeräten, VIN-Änderung vorzunehmen, Batteriewechsel zu registrieren, und Schlüssel im CAR-Access-System zu sperren bzw. zu entsperren.

3.4 Abrites Vehicle Diagnostic Interface (AVDI)

Als herstellerübergreifendes Diagnosetool wird von ABRITES das Vehicle Diagnostic Interface (AVDI) angeboten [ABRITES (2021)].

Das Tool Set unterstützt eine Vielzahl an Herstellern zur Diagnose entsprechender Kraftfahrzeug-Modelle per K-Line ISO 9141 [ISO9141] oder auch CAN-Bus nach ISO14229 [ISO14229], ISO15765 [ISO15765], J1939 [J1939] und ISO22901 [ISO22901]. AVDI kann u. a. Motorsteuergeräte für viele Marken und Modelle anpassen und umprogrammieren, Getriebesteuergeräte für die gängigsten Mercedes, VW, Audi, Seat und Skoda Fahrzeuge kodieren. Zusätzlich kann man EDC15, EDC16 und EDC17 Steuergeräte anpassen sowie programmieren, elektronische Zündschlosssysteme bei vielen Mercedes Fahrzeugen anpassen und programmieren, Wegfahrsperren für Opel, VW, Audi, Seat, Skoda, BMW u.v.a. programmieren sowie Fehlercodes der meisten Marken und Modelle auslesen.

3.5 Bluetooth OBD-Dongle

Durch den Privatanwender können zur Fahrzeugdiagnose im Internet verschiedene OBD-Bluetooth-Adapter erworben werden. Diese basieren zum großen Teil auf dem OBD2-Interpreterchip ELM327. [Elmelectronis (2021)] Dieser Chip beinhaltet u. a. die Kommunikation per CAN mit 11 Bit und 29 Bit IDs und unterstützt die Protokolle ISO 15765-4 mit 500 kbps und 250 kbps.



Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung eines handelsüblichen OBD Dongle
Quelle: OBDII, 2021

Diese Adapter können mit entsprechenden Android-Apps kommunizieren, um beispielsweise aktuelle Daten zu Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kühlwassertemperatur etc. im Livebetrieb anzeigen zu können. Mit der Carly App kann das eigene Fahrzeug diagnostiziert werden, oder auch ein Tachometerbetrug an Gebrauchtfahrzeugen aufgedeckt werden [MYCARLY (2021)].

3.6 Tool zum Auslesen von Infotainmentsystemen

Zur forensischen Datenextraktion aus Infotainmentsystemen ist Spezialhardware und Software notwendig. Die Firma Berla stellt dazu das Forensik-Tool für Fahrzeugsysteme iVe kostenpflichtig zur Verfügung. Derzeit werden Infotainmentsysteme von BMW, Chevrolet, Chrysler, Fiat, Ford, Jeep, Maserati, Pontiac, Toyota und Volkswagen unterstützt. Das Auslesen der Daten erfolgt am ausgebauten System per USB oder JTAG (Joint Test Action Group, IEEE-Standard 1149.1). Daten können logisch oder physikalisch extrahiert werden. In Abhängigkeit des Infotainmentsystems können Daten zu Applikationen, Verbindungen, Geräten, Events und Navigation ermittelt werden. In Bezug auf die aktive Nutzung des jeweiligen Systems sind Verbindungsdaten von Smartphones, z. B. Bluetoothadressen, Gerätenamen, Geräteherstellern, Kontaktdaten, Anruflisten, Nachrichten, Kalendereinträge sowie Navigationsdaten mit letzten Zielen, gespeicherten Favoriten und abgefahrenen Routen auslesbar.

3.7 Chip-Off

In einigen Fällen sind Steuergeräte durch Defekte nicht mehr über eine elektronische Kommunikation ansprechbar. An dieser Stelle kann der Versuch unternommen werden, Speicherchips aus der Platine zu entnehmen, um anschließend mithilfe eines Lesegeräts die enthaltenen Daten zu extrahieren. Exemplarisch wird an dieser Stelle auf das Reworksystem ERSA IR 500 [KURTZERSA (2021)] und das Lesegerät GALEP der Firma Conitec [CONITEC (2021)] verwiesen.

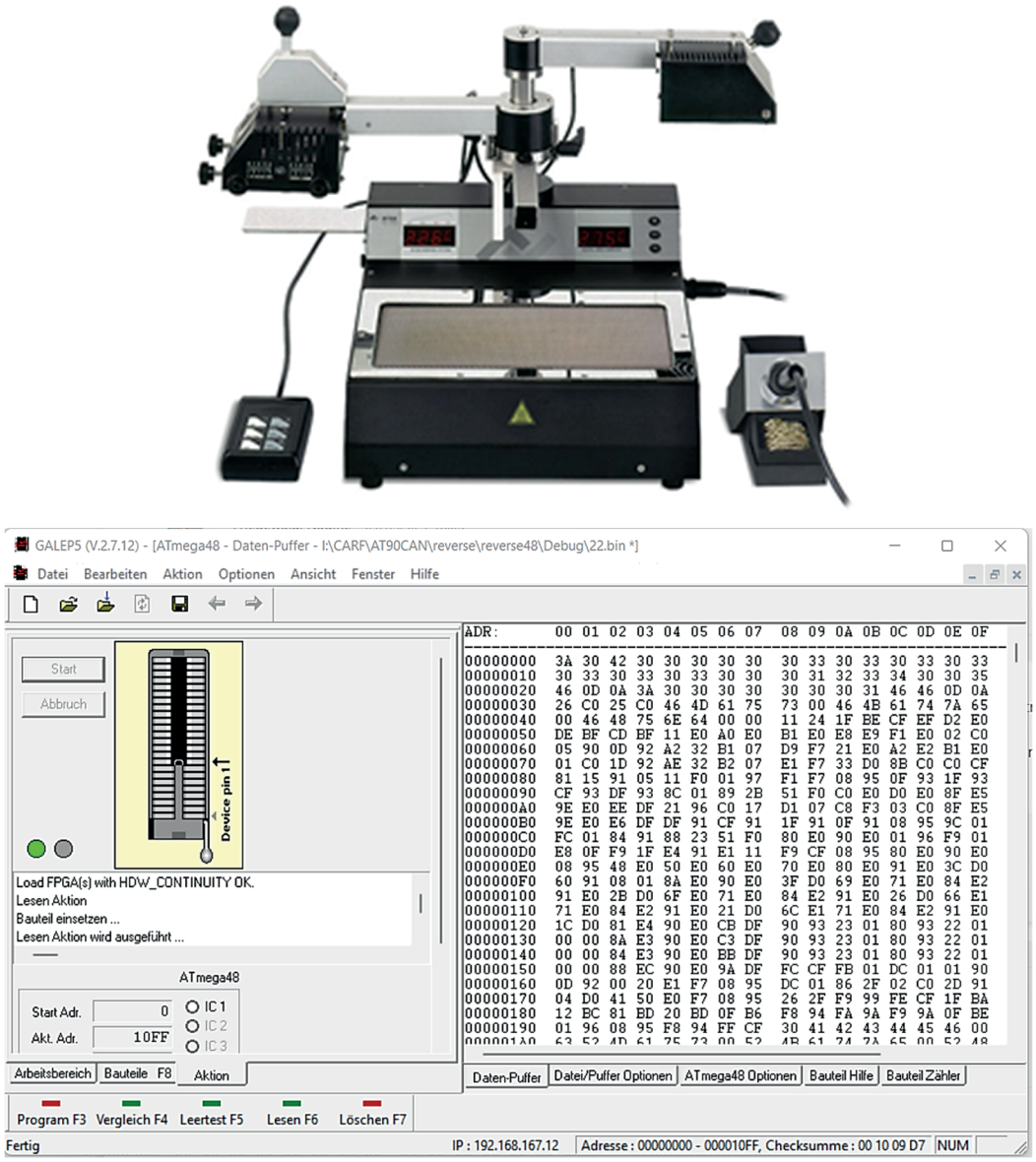


Abbildung 6: ERSA IR 500 (Quelle: KURTZERSA, 2021) und Software GALEP-Programmer mit ausgelesenen Daten (Quelle: Eigene Abbildung)

Mithilfe des Rework-Systems können Chips selektiv aus Elektronikplatinen entfernt werden. Das GALEP-System unterstützt derzeit mehr als 62.000 Bauteile verschiedenster Hersteller. Es können u. a. EPROM, EEPROM, FLASH, FPGA und auch Speicher aus unterschiedlichsten Mikrocontrollern gelesen werden.

3.8 Tool zum Auslesen von Kraftfahrzeug-Schlüsseln

Kontaktlose Schlüssel für Fahrzeuge sind Teil moderner Fahrzeugausrüstung. Sie unterstützen die Sicherung des Fahrzeugs gegenüber Zugang vor Fremden. In diesen Schlüsseln ist ein passiver RFID-Transponder (RFID: Radio Frequency Identification) integriert, der über ein Nahfeld per Funk mit dem Wegfahrsperrensteuergerät

kommuniziert. Unter passiven Transpondern versteht man Systeme, die zur Kommunikation und zur Abarbeitung interner Prozesse benötigte Energie ausschließlich aus dem Feld der Sende-Empfangseinheit beziehen. Passive Transponder benötigen keine eigene Stromversorgung, können daher nur auf kurze Distanzen arbeiten. Verwendete Frequenzbereiche sind 125–134 kHz, 13,56 MHz, 433 MHz und 850–950 MHz. Diese Transponder besitzen teilweise Userdatenspeicherbereiche, in denen die Fahrzeugidentifikationsnummer, Kilometerstände und Wartungsdaten abgelegt sein können. Zum Auslesen von Transponderdaten sind eine Reihe an Lesegeräten verfügbar. Exemplarisch soll an dieser Stelle der Tango-Programmer vorgestellt werden.



Abbildung 7: Hardware des Tango Key Programmers
Quelle: Eigene Abbildung

Dieser Programmer ist mit einer proprietären Grundsoftware ausgestattet, die es ermöglicht, Inhalte aus den Transpondertypen MEGAMOS, PCF79XX, TEMIC und TIRIS zu lesen. Unterstützte Krypto-Algorithmen sind HITAG, HITAG2, HITAG3 und weitere. Mit zusätzlichen käuflichen Optionen ist der User in der Lage, Key Maker zu erwerben, mit denen Schlüsseltransponder verschiedener Hersteller kopiert und vervielfältigt werden können.

4 Diagnose aktueller Kraftfahrzeuge

Aktuelle Kraftfahrzeuge werden immer häufiger mit zusätzlichen Komfort- und Assistenzsystemen ausgestattet. Damit steigt aber auch die Gefahr, offen gegenüber Hackerangriffen, beispielsweise über das OBD-2-Diagnose-Interface des Fahrzeugs, ausgeliefert zu sein. Aus diesem Grund setzen immer mehr Hersteller ab ca. 2017 Security Gateways ein, um unautorisierte Zugriffe via Diagnoseinterface zu unterbinden [AUTOSEVICEPRAXIS (2020)], [AUTOSEVICEPRAXIS (2021)], [HERTH&BUSS (2021)]. Die Kommunikation mit Steuergeräten über das Diagnoseinterface wird erst nach Öffnen der Verbindung per Zertifikat, Token oder Keys bzw. Seed-und-Key-Verfahren ermöglicht. Zusätzlich ist eine Verbindung des Testequipments zum Hersteller-IT-Backend notwendig. Hersteller, die solche

Security Gateways einsetzen, sind unter anderem Fiat Chrysler Automobiles N.V., Mercedes-Benz, Renault, Nissan, Audi und Volkswagen. Durch Drittanbieter werden schon jetzt verschiedene Diagnosesysteme angeboten, die dies kostenpflichtig auch ohne herstellerspezifisches Equipment ermöglichen. Vertreter sind beispielsweise die Diagnose on Demand VCI (Vehicle Communication Interface) [HERTH&BUSS (DoD)] von HERT+BUSS oder auch das Euro5/6 Diagnose- und Flash-Tool (EuroDFT) [ADIS] der Firma ADIS Technology.

5 Verwendung von ermittelbaren Daten aus klassischen Kraftfahrzeugen

5.1 Daten aus Kraftfahrzeug-Schlüsseln

Mit Daten aus Kraftfahrzeug-Schlüsseln lässt sich beispielsweise ein vorgetäuschter Diebstahl ermitteln. Eine ausführliche Vorgehensweise ist in [GÖTH (2017)] Seite 3 ff dargestellt. Wie in Abschnitt 3.8 erläutert, werden in Schlüsseltranspondern Großteils Wegstrecken bei letzter Benutzung gespeichert.

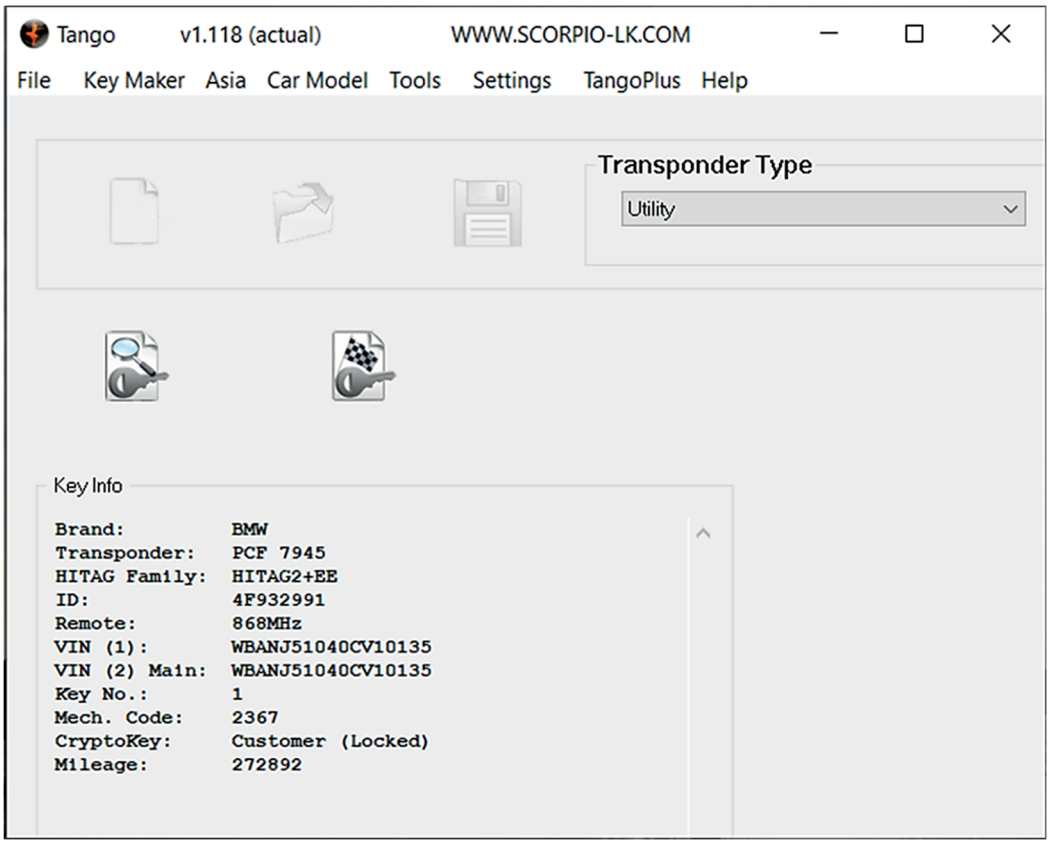


Abbildung 8: Daten eines BMW-Transponders

Quelle: Eigene Abbildung

Wenn die Kilometerangaben in den Originalschlüsseln des zugehörigen Kraftfahrzeugs bei Wiederauffinden des Fahrzeugs übereinstimmen bzw. nah beieinanderliegen, kann davon ausgegangen werden, dass das Kraftfahrzeug mit dem Originalschlüssel bewegt wurde.

In einem Fall aus der Schweiz [Feusi (2019)] wird ein vorgetäuschter Kraftfahrzeug-Diebstahl beschrieben, bei dem Daten aus Schlüsseltranspondern in Bezug auf Zeitstempel zur Aufklärung der Vortäuschung führte, indem festgestellt wurde, dass der Täter das Kraftfahrzeug mit einem Drittschlüssel benutzt hat.

5.2 Daten aus Infotainmentsystem

Aus einem realeren Fall wurde bekannt, dass bei einer allgemeinen Verkehrskontrolle ein Kraftfahrzeug mit auffälligen Insassen überprüft wurde. Im Fahrzeug befand sich augenscheinlich Diebesgut. Die Insassen führten keine Smartphones oder andere elektronischen Kommunikationssysteme mit. Im Kraftfahrzeug war ein Infotainmentsystem verbaut. Dieses Infotainmentsystem konnte mithilfe des in Abschnitt 5 beschriebenen Berla-Systems ausgewertet werden.

Date/Time	Bearing	TrackName	Distance	Latitude	Longitude
21.11.2015 07:54:00	18°	Recovered0057	5,65 m	50,143650000	8,555770000
21.11.2015 07:54:01	18°	Recovered0057	11,31 m	50,143670000	8,555830000
21.11.2015 07:54:02	26°	Recovered0057	11,98 m	50,143700000	8,555890000
21.11.2015 07:54:03	23°	Recovered0057	13,61 m	50,143730000	8,555960000



Abbildung 9: Abgefahrene Routen ermittelt mit Berla iVe

Quelle: Born, 2016

Im Navigationssystem wurden unwissentlich Routen geloggt, aus denen abgefahrene Routen und längere Standzeiten des Fahrzeugs ermittelt werden konnten. An diesen ermittelten Aufenthaltsorten konnten die Beamten Diebesgutlager entdecken und somit weitere Straftaten nachweisen.

5.3 Daten aus Fehlermeldungen

Daten aus einem Park Distance Control Fehler

Aus Daten, die in Fehlermeldungen als Umgebungsbedingungen gespeichert sind, lassen sich Zuordnungen zu Zeit, Kilometerstand und Temperaturen im und außerhalb des Fahrzeugs treffen. In Abbildung 10 ist ein Park Distance Control (PDC) Fehler dargestellt, der aus einem Ford Focus mk3 mithilfe des Tools AVDI von Abrites ausgelesen wurde.

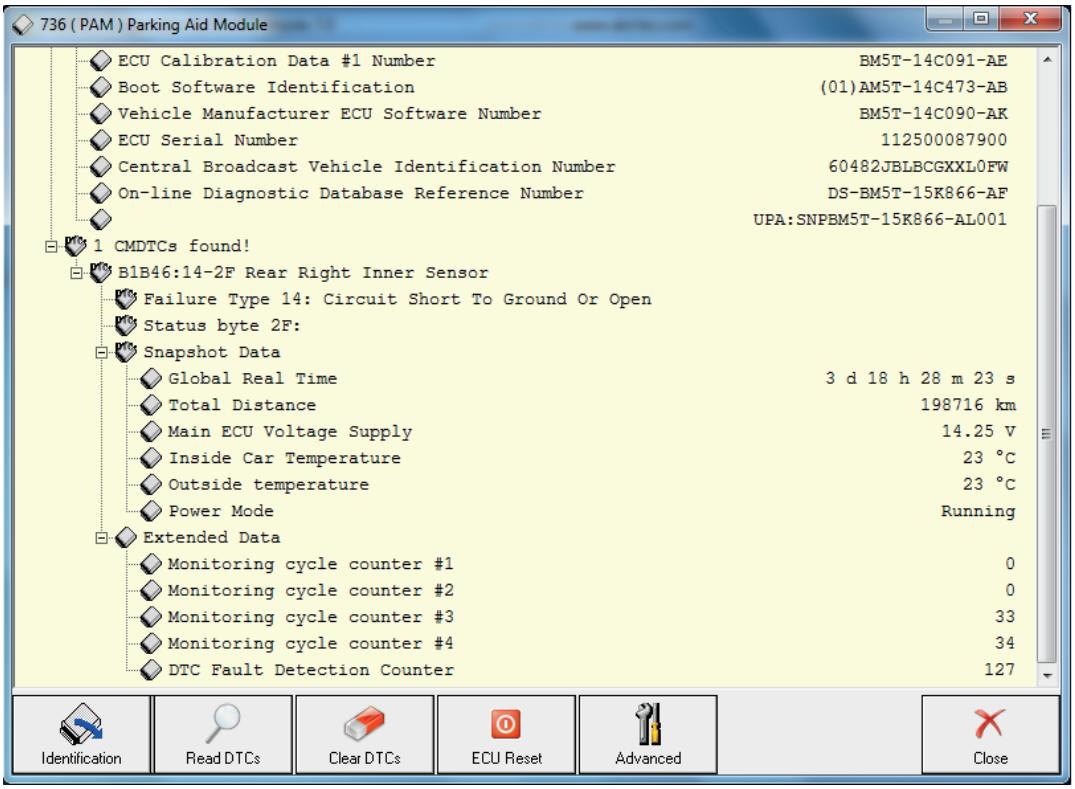


Abbildung 10: Mit Abrites ausgelesener PDC-Fehler

Quelle: Eigene Abbildung

Zur eigentlichen Information, dass der rückwärtige, rechte innere Sensor einen Defekt aufweist, können zusätzlich Kilometerstand und die Zeit des Eintretens des Fehlers abgelesen werden. Der Zeitpunkt der Fehlermeldung ist relativ angegeben, d. h. es ist die reale Zeit vom Zeitpunkt des Auslesevorgangs dargestellt. Eine weitere Information ist in der Angabe der Temperaturen im und außerhalb des Fahrzeugs auswertbar. Diese könnte beispielsweise in der kälteren Jahreszeit auf den Abstellort des Kraftfahrzeugs hinweisen, also z. B. ob sich das Fahrzeug in einer warmen Garage oder im Außenbereich befunden hat.

Daten aus einem Car Access System

Mit dem AVDI von Abrites wurde ein Car Access System CAS3 von BMW ausgelesen. Abbildung 11 zeigt die grundlegenden Informationen des CAS3-Systems zu aktivierten Schlüsseln, dem Fräscode für den mechanischen Schlüssel sowie die Frequenz der Fernbedienung. Im Verlauf der Systemanalyse konnten Fehlermeldungen extrahiert werden. Abbildung 12 stellt die ausgelesen DTCs dar. In den Fehlermeldungen ist nur der Fehler selbst sowie der Kilometerstand des Fahrzeugs, an dem der Fehler aufgetreten ist, angegeben.

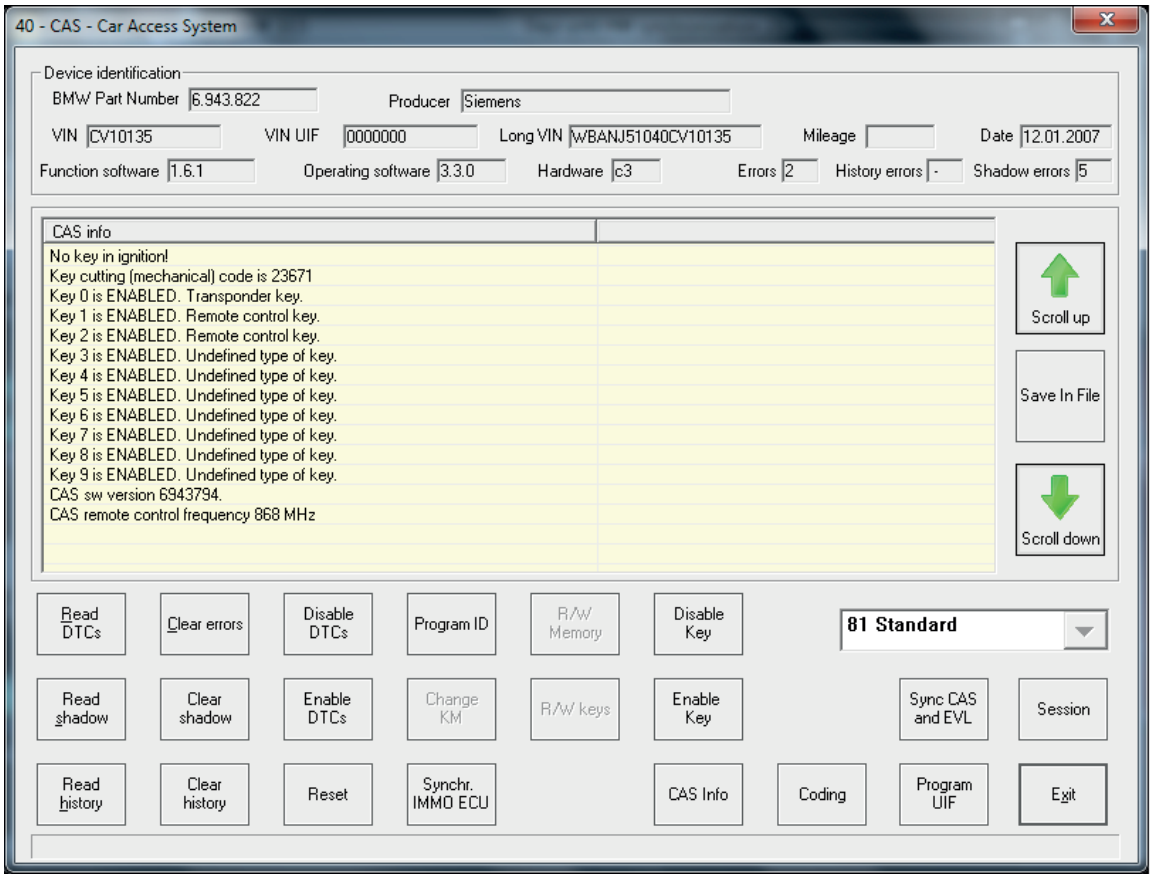


Abbildung 11: Mit AVDI ausgelesenes CAS3-System
Quelle: Eigene Abbildung

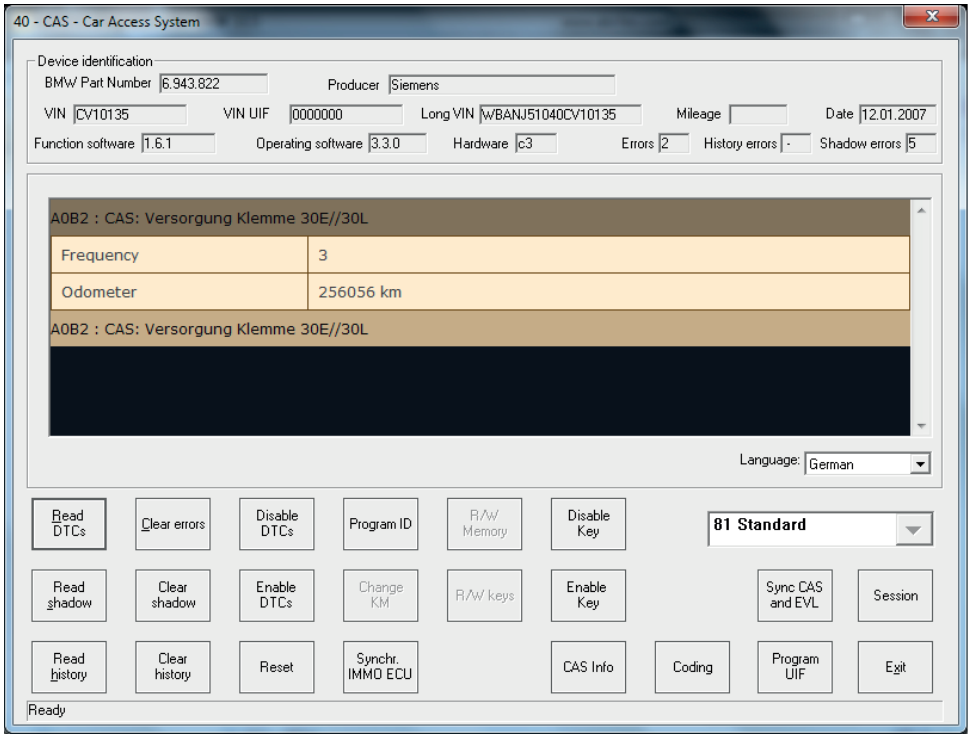


Abbildung 12: Mit AVDI ausgelesene DTCs des CAS3-Systems

Quelle: Eigene Abbildung

Daten aus einem ME7-System

In einem weiteren Versuch wurde mithilfe des AVDI ein ME7-Benzin-Motorsteuergerät von Audi per K-Line ausgelesen.

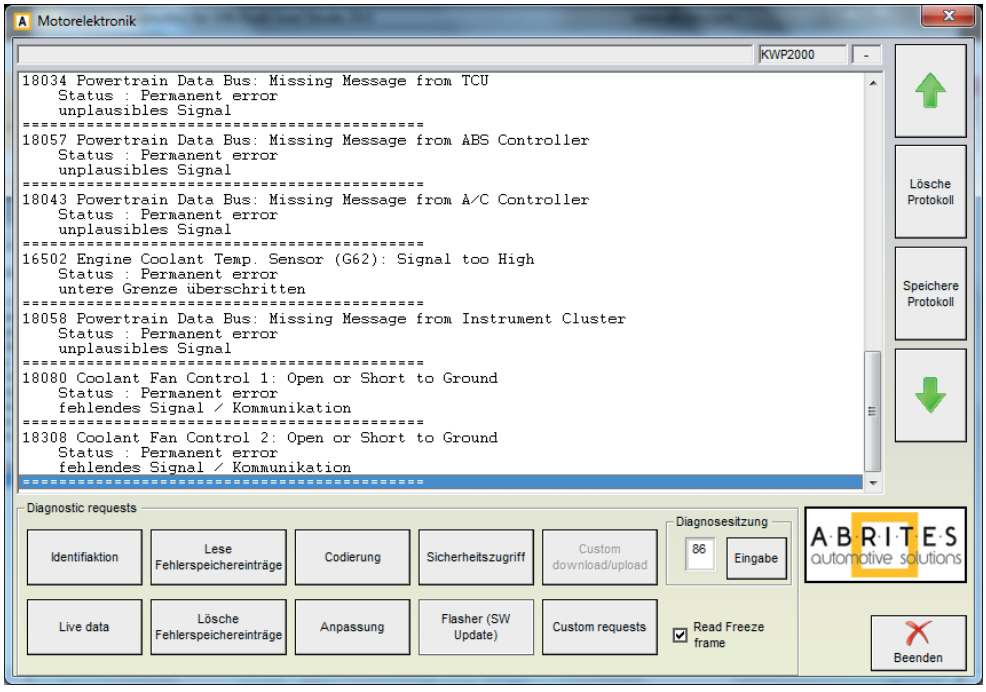


Abbildung 13: Mit AVDI ausgelesene DTCs des ME7-Systems

Quelle: Eigene Abbildung

Anhand dieser ermittelten Daten konnte nur die Fehlerbeschreibung extrahiert werden. Weitere Zusatzinformationen zu Zeit des Auftretens oder auch zum Kilometerstand waren nicht verfügbar, da das ME7-System diese Informationen nicht als Umgebungsbedingungen speichert.

Daten aus Airbag-Steuergeräten

Im Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion [Burg und Moser (2009)] Seite 745 ff. wird „Der Airbag als Sicherheitsbestandteil heutiger Automobile“ beschrieben. Im Verlauf stellt sich die Frage, „Welche Aufzeichnungen können bei (Gurtstraffer- und/oder) Airbag-Auslösung erwartet werden?“

Es wird festgestellt, dass diese Daten hersteller- und typabhängig sind [Larl]. Aufgezeichnete Werte beziehen sich auf:

- Vorgelegene Störungen vor der aktuellen Kollision nach Art und Zeitpunkt,
- Auslösefreigabe bei der aktuellen Kollision auf niedrigem Verzögerungsniveau,
- Verzögerungsverlauf vor und nach der Kollision,
- aus der Verzögerung errechnete Geschwindigkeitsänderung,
- Zündsignale nach Zeit und Größe für die Airbags (und für die Gurtstraffer) sowie
- Bestätigung der Auslösung von Airbags (und Gurtsystemen).

Zusätzlich können die Parameter Bremsdaten, Raddrehzahlen, Gierrate, Motordrehzahl, Außentemperatur gespeichert sein. Prinzipiell dienen diese gespeicherten Daten der Fahrzeugdiagnose in einer Vertragswerkstatt des Fahrzeugherstellers, können aber teilweise zur Unfallrekonstruktion herangezogen werden.

6 Diskussion / Zusammenfassung

Im Paper wurde die Akquise von Daten aus Kraftfahrzeugen unter Verwendung verschiedenster technischer Hilfsmittel aufgezeigt. Grundlegend wurde dargestellt, welche elektronischen Systeme in Kraftfahrzeugen verbaut sind. Zusätzlich konnte gezeigt werden, wie diese Systeme forensisch angesprochen bzw. ausgewertet werden können und welche Analysewerkzeuge eine Datenauswertung ermöglichen. Es konnte veranschaulicht werden, dass Positionsdaten, gespeicherte Routen, Telefondaten, Fehlermeldungen, Zeitstempel, km-Stände oder auch genaue Abstellorte eines Fahrzeugs zu einem definierten Zeitpunkt ermittelbar sind. Diese Daten aus Infotainmentsystemen, einzelnen Steuergeräten und Schlüsseltranspondern können bei Bedarf einem Fall zugeordnet werden, um bei der Aufklärung von Straftaten oder bei der Unfallrekonstruktion zu helfen. Kritisch ist an dieser Stelle anzumerken, dass nicht jeder Hersteller alle Funktionen in den Steuergeräten implementiert. Dies be-

zieht sich auf die Umgebungsdaten wie z. B. Zeitinformationen innerhalb von Fehlermeldungen. Diese können gespeichert sein, müssen aber nicht. Zusätzlich ist die Plausibilität von gespeicherten Umgebungsvariablen zu prüfen. Es wurden teilweise fehlerhafte Einträge festgestellt, da analysierte Steuergeräte beispielsweise Wegstrecken doppelt gezählt haben. Zum Berla-System gibt es in [Born (2016)] auf Seite 21 Hinweise, dass auch in Infotainmentsystemen Zeitstempel nicht immer korrekt abgespeichert sind.

7 Literaturverzeichnis

ABRITES (2021): ABRITES Vehicle Diagnostic Interface (AVDI). Abgerufen am 19.05.2021 von https://abrites.com/page/avdi.

ADIS: ADIS Technology EuroDFT. Abgerufen am 09.07.2021 von https://www.eurodft.com/?s=eurodft.

AUTOSEVICEPRAXIS (2020): Diagnosesoftware: Zugang auch in geschützte Systeme. Abgerufen am 09.07.2021 von https://www.autoservicepraxis.de/nachrichten/autobranche/diagnosesoftware-zugang-auch-in-geschuetzte-systeme-2542598.

AUTOSEVICEPRAXIS (2021): Security Gateway: Auf sicheren Wegen. Abgerufen am 09.07.2021 von https://www.autoservicepraxis.de/nachrichten/autobranche/security-gateway-auf-sicheren-wegen-2832594.

Born, J. (2016): Automobil-Forensik mit Berla iVe. Abgerufen am 20.05.2021 von https://www.fh-aachen.de/fileadmin/people/fb05_schuba/IT-Forensik/download/workshop2016/2016_07_Born_Workshop.pdf.

Bosch (2021): KTS 980 – Diagnoselösung mit DCU 220 und KTS 590. Abgerufen am 19.05.2021 von https://www.boschaftermarket.com/de/de/werkstattausruestung/steuergeraetediagnose/diagnosegeraete/kts-980/.

Burg, H. und Moser, A. (2009): Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion. 2. Aufl., Springer Vieweg, Wiesbaden.

CONITEC (2021): GALEP-5D. Abgerufen am 20.05.2021 von http://www.conitec.net/german/galep5d.php.

Elmelectronics (2021): ELM327DS. Abgerufen am 19.05.2021 von https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2016/07/ELM327DS.pdf.

Feusi, A. (2019): Vorgetäuschter Autodiebstahl: Elektronische Autoschlüssel taugen wenig als Belastungszeugen. Abgerufen am 20.05.2021 von https://www.nzz.ch/zuerich/vorgetaeuschter-autodiebstahl-elektronische-autoschluessel-taugen-wenig-als-belastungszeugen-ld.1494058.

GÖTH (2017): Göth GmbH: Der Kraftfahrzeug-Diebstahl in der Praxis. Abgerufen am 20.05.2021 von https://www.goeth.com/wp-content/uploads/2017/03/Artikel38.pdf.

HERTH&BUSS (2021): OBD-Schnittstelle: Wie freien Werkstätten der Zugang zu Fahrzeugdaten erschwert wird. Abgerufen am 09.07.2021 von https://herthundbuss.com/branche-mehr/obd-schnittstelle-erschwerter-zugang-fuer-freie-werkstaetten/.

HERTH&BUSS (DoD): Diagnose on Demand –Das ideale Kfz Diagnosegerät. Abgerufen am 09.07.2021 von https://herthundbuss.com/produkte/highlights/diagnose/.

IEEE (2010): Experimental Security Analysis of a Modern Automobile. Abgerufen am 03.06.2021 von https://ieeexplore.ieee.org/document/5504804.

INGENIEUR.DE (2015): Hacker Samy Kamkar öffnet Garagentore und Autotüren. Abgerufen am 03.06.2021 von https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/ittk/hacker-samy-kamkar-oeffnet-garagentore-autotueren/.

ISO9141: Road vehicles — Diagnostic systems — Part 2: CARB requirements for interchange of digital information. Abgerufen am 03.06.2021 von https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9141:-2:ed-1:v1:en.

ISO14229: Road vehicles — Unified diagnostic services (UDS) — Part 1: Application layer. Abgerufen am 03.06.2021 von https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14229:-1:ed-3:v1:en.

ISO15765: Road vehicles — Unified diagnostic services (UDS) — Part 1: Application layer. Abgerufen am 03.06.2021 von https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15765:-2:ed-3:v1:en.

ISO22901: Road vehicles — Open diagnostic data exchange (ODX) — Part 1: Data model specification. Abgerufen am 03.06.2021 von https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:22901:-1:ed-1:v1:en.

J1939: SAE J1939 Standards Collection on the Web: Content. Abgerufen am 03.06.2021 von https://www.sae.org/standardsdev/groundvehicle/j1939a.htm.

JUNIPER (2018): In-Vehicle Commerce Opportunities Drive Total Connected Cars to Exceed 775 Million by 2023. Abgerufen am 21.05.2021 von https://www.juniperresearch.com/press/in-vehicle-commerce-opportunities-exceed-775mn.

KASPERSKY (2015): Shock at the wheel: your Jeep can be hacked while driving down the road. Abgerufen am 03.06.2021 von https://www.kaspersky.com/blog/remote-car-hack/9395/.

Kfz-Betrieb Vogel (2019): 100 Millionen Codezeilen: Das kann der Golf 8. Abgerufen am 24.09.2021 von https://www.kfz-betrieb.vogel.de/100-millionen-codezeilen-das-kann-der-golf-8-a-824084/.

KURTZERSA (2021): IR 550. Abgerufen am 20.05.2021 von https://www.kurtzersa.de/electronics-production-equipment/rework-inspektionssysteme/rework-systeme-stationen/produkt-details/ir-550.html.

Larl, W.: Digitale Spuren - Neue Möglichkeiten in der Sachbeweisführung am Beispiel der Kfz-Airbag-Steuerung. Abgerufen am 21.05.2021 von http://www.jpcity.de/digitale_spuren.htm.

Lieder, R. (2017): Gateway processor evolution in automotive networks. Abgerufen am 24.09.2021 von https://www.can-cia.org/fileadmin/resources/documents/conferences/2017_lieder.pdf.

MYCARLY (2021): Die beste App für deine Auto-Diagnose, Kodierung und Wartung. Abgerufen am 19.05.2021 von https://www.mycarly.com/de.

OBDII (2021): OBDII Interface Lescars. Abgerufen am 19.05.2021 von https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/811dSmBKHfL._AC_SL1300_.jpg.

Statista (2021): Prognostizierter Anteil von vernetzten Automobilen (connected cars) in den USA, China und der EU von 2020 bis 2035. Abgerufen am 03.06.2021 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/757547/umfrage/prognostizierter-absatz-von-vernetzten-automobilen-in-regionen-weltweit/.

Geoinformatik, Geoinformation, GIS, BIM und BIM-Arbeitsmethode – Chancen und Potenziale für die Polizeien der Länder

Dr. Roman Povalej

Professor an der Polizeiakademie Niedersachsen, Studiengebiet Kriminalwissenschaften, roman.povalej@polizei.niedersachsen.de

Dirk Volkmann

Dozent, Polizeiakademie Niedersachsen, Studiengebiet Kriminalwissenschaften, dirk.volkmann@polizei.niedersachsen.de

1 Einleitung 291

2 Begriffserörterung 291

3 BIM-Arbeitsmethode 293

4 GIS und BIM 295

5 GIS und BIM bei der Polizei 298

6 Chancen und Potenziale 304

7 Ausblick 305

8 Literaturverzeichnis 306

Abstract:

Die stetig zunehmende Datenflut stellt die Polizeien der Länder weiterhin vor große Herausforderungen. Neben der zu bewältigenden Quantität muss auch eine ausreichend hohe Qualität realisiert werden. Geoinformatik, GI, GeoIT, GIS und BIM sind Begriffe, die explizit mit der Digitalisierung 4.0 assoziiert werden. Die daran gekoppelten Anforderungen können sie effektiver und effizienter kanalisieren bzw. regulieren. GIS- und BIM-Anwendungen sowie die BIM-Arbeitsmethode implizieren ein immenses Potential, das insbesondere zur Lösung künftiger Aufgaben polizeilicher Arbeits- und Prozessabläufe einen großen Mehrwert explizieren bzw. partizipieren kann, z. B. bei der Bewältigung von Bedrohungs- oder GGSK-Einsatzlagen, im ermittelnden Bereich bei On the Case oder Cold Case und/oder von Verwaltungsaufgaben einer Polizeibehörde i. S. v. Facility- oder Car-Management. Die BIM-Arbeitsmethode wurde und ist v. a. in technischen bzw. maschinenbau- und bautechnischen Bereichen (kurz im Bauwesen) sehr erfolgreich installiert und hat sich dort mittlerweile etabliert; aber auch bei den Polizeien der Länder prosperiert das Interesse an GIS- und BIM-Anwendungen und damit einhergehend an der Geoinformatik und GeoIT. Deshalb sollen mit diesem Paper diese Begriffe und die BIM-Arbeitsmethode definiert sowie auf deren Chancen und Potentiale für die Polizeien der Länder reflektiert werden.

1 Einleitung

Viele digitalisierte Prozesse des polizeilichen Vorgangs- und Fallbearbeitungssystems (z. B. NIVADIS und SAFIR bei der Polizei Niedersachsen), aber auch des Verwaltungssystems werden durch spezifische Softwarelösungen überwiegend als Individuallösungen organisiert. Vielfach sind sie miteinander technisch inkompatibel und können eine Datentransparenz, -konsistenz und -integration i. S. e. automatisierten Workflow z. T. kaum generieren (Povalej & Volkmann, 2020, S. 690ff.). Demzufolge sind IT-Lösungen nur auf Teilprozesse fokussiert und reflektieren jeweils die unterschiedlichen Organisationsstrukturen bzw. zugehörigen Verwaltungseinheiten. Unter Berücksichtigung ihrer alternierenden Konsequenzen wäre ein optimierter integrierter Informationsüberblick und genereller Kommunikationsfluss wünschenswert, insbesondere behördenübergreifend i. S. d. INSPIRE-Richtlinie (EU-Rat, 2007) und der Strategie Polizei 20/20 (BMI, 2021).

Genau hier setzen die GIS-Anwendungen als Querschnittstechnologie (Strategie Polizei 20/20) unter der Implementierung von BIM-Anwendungen und der gleichnamigen Arbeitsmethode an, sodass etablierte Methoden der polizeilichen Organisation von Arbeits- und Prozessabläufen auf den Prüfstand gestellt, Denkprozesse optimiert und das pragmatische bzw. klassische Rollenverständnis neu definiert werden (May & Braman, 2015, S. 19).

2 Begriffserörterung

Nachfolgend werden zunächst die Begriffe Geoinformatik, GeoIT, GIS und BIM näher kommuniziert bzw. interpretiert.

2.1 Geoinformatik oder GeoIT

Die *Geoinformatik,* in der Literatur auch als GeoIT bezeichnet, ist ein Teilgebiet der angewandten Informatik. Sie konsekriert sich mit dem Wesen, der Funktion und der Extraktion georeferenzierter Informationen bzw. Daten bzw. expliziert die darauf aufbauenden Anwendungen (autonome Navigation, geobasierte Webvernetzung, GIS-Analyse) durch entsprechende Strukturen und Prozesse, deren Erkenntnisse bzw. Ergebnisse in einem Geoinformationssystem (GIS) implementiert werden können (Bartelme, 2005, S. 1). Sie reflektiert auf die Entwicklung und Anwendung von Methoden und Konzepten der raumbezogenen Informationstechnologie und deren Implementierung in die Technologie der Geo-Informationssysteme (Bartelme, 2005, S. 12ff.; Bill, 2016, S. 17).

2.2 Geoinformation (GI)

Der Begriff *GI*, auch als Geographical oder Spatial bzw. Geo-Spatial Information charakterisiert (Bill, 2016, S. 1; Bartelme, 2005, S. 1), illustriert sämtliche Daten bzw.

Informationen, die sich über geographische Phänomene direkt oder indirekt auf eine auf der Erde bezogene Position beziehen (Zagel & Loidl, 2020, S. 264) (Bartelme, 2005, S. 10ff.) (DIN ISO 19101). In den letzten Jahren haben sich raumbezogene Informationen sowie Konzepte und Werkzeuge der Geoinformation zum Schlüssel für interdisziplinäre bzw. multiperspektivische Analysen etabliert (Zagel & Loidl, 2020, S. 9).

2.3 Geo-Informationssystem (GIS)

In einem *GIS* werden die räumlichen und geografischen Daten extrahiert, integriert, kombiniert, analysiert und präsentiert (Tomlinson et al., 1976, S. 7), s. Abbildung 1 (Bill, 2016, S. 8). In einem GIS profitiert neben dem Raum- auch der Zeitbezug (Strobl, 2020, S. 5) insbesondere durch die damit implementierte, primäre Charakteristik, beispielsweise bei der Generierung von Mobilitäts-, Sensor- oder Netzwerkanalysen (Bill, 2016, S. 193), mittlerweile auch in Echtzeit möglich.



Abbildung 1: Visualisierung des Workflows eines Geoinformationssystems (Bill, 2016, S. 8) – Umsetzung: MS PowerPoint

2.4 Building Information Modeling (BIM)[44]

Der Begriff BIM definiert sich in erster Linie als Planungsmethode, die eine Informationsdatenbank rund ums Bauwerk modelliert und implementiert (NIMBS, 2015) mit dem Ziel der kontinuierlichen, zentralen und objektbasierten Administration und Koordination projektrelevanter Informationen (Egger, Hausknecht, Liebich, & Przybylo, 2013, S. 18). Das Ziel von BIM formiert sich in der konsequenten digitalen Modellierung aller Eigenschaften und Informationen eines Objektes zur Unterstützung sämtlicher damit verbundener Prozesse in einem gemeinsamen, ganzheitlichen Modell sowie dem darauf basierenden transparenten Datenaustausch zwischen allen beteiligten Akteuren und Fachdisziplinen (Blankenbach & Clemen, 2020, S. 21).

[44] Richtlinienreihe VDI 2552 “Building Information Modeling (BIM)” Blatt 2, BIM-Begriffe. BIM beschreibt die permanente Nutzung eines digitalen Gebäudemodells über den gesamten Gebäudelebenszyklus

3 BIM-Arbeitsmethode

Die BIM-Arbeitsmethode, vergleichbar mit der LEAN-Management-Methode[45], dient der Optimierung entsprechender Arbeits- und Prozessabläufe in diversen Fachdisziplinen unter der Integration aller Prozessbeteiligten (Blankenbach & Clemen, 2020, S. 20). Mittlerweile expandierte diese Methode zu einem multidimensionalen Modell i. S. e. Building Information Management, in der Literatur auch als BIM x D i. S. v. Dimension kommuniziert (Blankenbach & Clemen, 2020, S. 22). Die BIM-Arbeitsmethode projiziert somit den Konsens insbesondere durch die Implementierung diverser individueller Leistungen und die Optimierung von Prozess- und Wertschöpfungsketten sowohl in einem Projekt i. S. v. polizeilich relevanten Fall bzw. Case als auch in einer Behörde. Der damit einhergehende Prozess- oder Lebenszyklus wird nicht mehr einzig auf eine Prozessphase limitiert – (Przybylo, 2020, S. 3 u. 8; May & Braman, 2015, S. 18f.).

Die BIM-Arbeitsmethode offeriert eine interdisziplinäre Betrachtungs- und Sichtweise, aus der wiederum eine Vielzahl von Perspektiven bzgl. diverser Themenkomplexe durch Integration der relevanten Informationen in ein BIM-Modell in Echtzeit zur Vorbereitung und Durchführung einer Vernehmung resultieren (z. B. die hypothesenorientierte Tatrekonstruktion bzw. dem Abgleich des subjektiven mit dem objektiven Befund). Durch die digitalisierte Identifizierung, Lokalisierung, Analyse und Visualisierung sämtlicher ermittlungsrelevanter Informationen in ein projiziertes, georeferenziertes 3D-Modell können polizeiliche Arbeitsabläufe effektiver und effizienter organisiert werden – s. Abbildung 2.

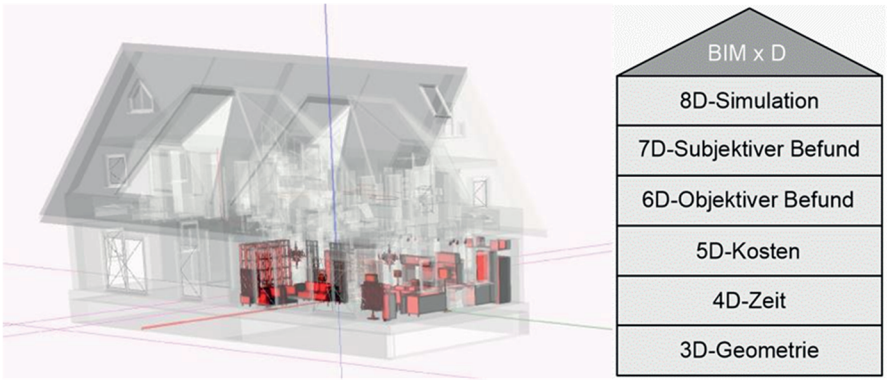


Abbildung 2: Modellierung eines Doppelhauses als CAD-Modell mittels BIM-Arbeitsmethode in Konstruktionsebenenstruktur als Level of Development (LOD) 200 bzw. 300 (linkes Bild) i. S. d. BIM-Arbeitsmethode mit möglichen polizeilichen n-ten Dimensionen (rechtes Bild); (Blankenbach & Clemen, 2020, S. 22) – Umsetzung: Vectorworks

[45] Lean-Management – Gesamtheit der Denkprinzipien, Methoden und Verfahrensweise zur effizienten Gestaltung der gesamten Wertschöpfungskette industrieller Güter (Weiss, Strubl & Goschy, 2015, S. XVII, S.1f.)

Die BIM-Arbeitsmethode wird hauptsächlich durch die Begriffe Gemeinschaftlichkeit, Optimierung und Lebenszyklus beschrieben. Gemeinschaftlichkeit repräsentiert die Zusammenführung individueller Leistungen, die partnerschaftlich angelegt und gemeinschaftlich optimiert werden sollten. Die polizeilichen Arbeits- und Prozessabläufe werden damit interdisziplinär unter der Integration aller am Prozess beteiligter Personen organisiert, und das perpetuiert bzw. hält über den gesamten Lebenszyklus von Objekten i. S. v. Gebäuden an (Blankenbach & Clemen, 2020, S. 20). Insbesondere durch die Implementierung diverser individueller Leistungen projiziert die BIM-Arbeitsmethode den Konsens und die Optimierung von Prozess- und Wertschöpfungsketten derart, dass im Projekt (z. B. On the Case oder Cold Cases) oder in einer Behörde der damit einhergehende Lebenszyklus i. S. v. Facility Management nicht mehr einzig auf eine Prozessphase limitiert wird (Przybylo, 2020, S. 3 u. 8; May & Braman, 2015, S. 18f.).

Des Weiteren wird mittels der BIM-Arbeitsmethode der Informations- und Kommunikationstransfer kooperativ mit einem zentrischen i. S. v. transparenten Informationspool organisiert und konzediert. Und zwar derart, dass Datenkonsistenz sowie -integration durch die Informationsflexibilität über den gesamten Prozess- bzw. Lebenszyklus sich generieren und reflektieren lassen, entgegen der traditionellen Verfahrensweise mit der Criss-Cross-Methode, die bevorzugt in verwaltungs- und behördenstrukturierten Institutionen Anwendung findet (Przybylo, 2020, S. 4ff.; Maurer, 2015, S. 33f.) – s. Abbildung 3.

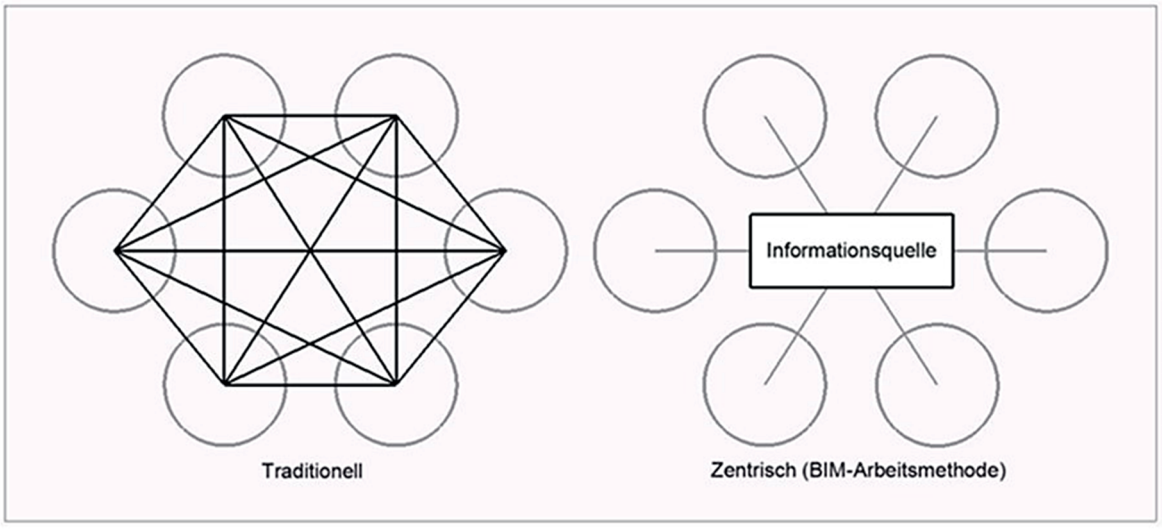


Abbildung 3: Organisation des Informations- und Kommunikationstransfers traditionell und zentrisch mit der BIM-Arbeitsmethode (Przybylo, 2020, S. 4) – Umsetzung: Vectorworks

4 GIS und BIM

GIS und BIM basieren auf differenten Perspektiven, die heutzutage zwei bedeutende Technologiebereiche charakterisieren, allerdings aufgrund zahlreicher Berührungspunkte gemeinsame Betrachtungsgegenstände implizieren (Kauer et al., 2022, S. 1). Während GIS überwiegend zu Aufgaben der räumlichen Analysen fungierte, kam die BIM-Methode v. a. bei der Planung eines Bauvorhabens zum Einsatz (Kauer et al., 2022, S. 1). Mittlerweile prosperiert der Austausch der GIS- und BIM-Methoden immens. Beide Methoden profitieren dabei von der intensiven Zusammenführung (Kauer et al., 2022, S. 5). Dies bedeutet, in der BIM-basierten Planung können frühzeitig mögliche GIS-basierte Anwendungen impliziert werden, die einen effektiven und effizienten i. S. v. automatisierten Workflow generieren (Kauer et al., 2022, S. 7).

Auf der Basis einer Geoportal-Plattform lassen sich durch die Implementierung geobasierter Informationen mit der BIM-Arbeitsmethode noch eine Vielzahl an Synergien durch die Organisation von Raster-, Vektor-, Objekt- und Metadaten offerieren (beispielweise zur geobasierten Kartenprojizierung bzw. -visualisierung, zur Bilddaten- und Fernerkundungsanalyse, zu räumlichen Analysen und Mustererkennungen inklusive Kriminalitätsprognose bzw. -prävention i. S. v. Predictive Policing (PP) auch in Echtzeit, zum Datenmanagement und insbesondere zur Big-Data-Administration auch App-basiert oder zur raumbezogenen Modellierung inklusive CAD-Modifizierung sowie deren permanenter Reproduzierbarkeit auch in einem virtuellen mobilen oder stationären Raum (Povalej & Volkmann, 2020).

Ein Geoobjekt, auch als Spatial Feature definiert, bildet hierbei die Basis für die Projektion von räumlichen Datenmodellen. Jedem dieser Objekte können entsprechende Eigenschaften in diversen Kategorien in Form von Attributen klassifiziert und strukturiert werden, z. B. geometrische, topologische, thematische, temporale Eigenschaften bzw. grafische Beschreibungen oder auch Metainformationen usw. (Witte et al., 2020, S. 396f.). Dabei lassen sich die generierten Daten bzw. Informationen mit BIM-Modellen kombinieren. So werden 3D-Anwendungen, i. S. v. strukturierten, objektorientierten 3D-Präsentationen von Gebäuden als digitaler Zwilling, in Kombination mit einem digitalen Höhenmodell der natürlichen Geländeoberfläche (kurz DGM) oder der tatsächlichen Oberfläche inklusive z. B. von Vegetation (kurz DOM bzw. DSM) mit weitreichenden Analysen und Visualisierungen (z. B. Sichtbarkeiten, Schattenwurf, Sonnenstandverläufe oder Tathypothesenüberprüfungen) realisierbar – s. Abbildung 4 (Witte et al., 2020, S. 419ff.; ESRI, 2021).

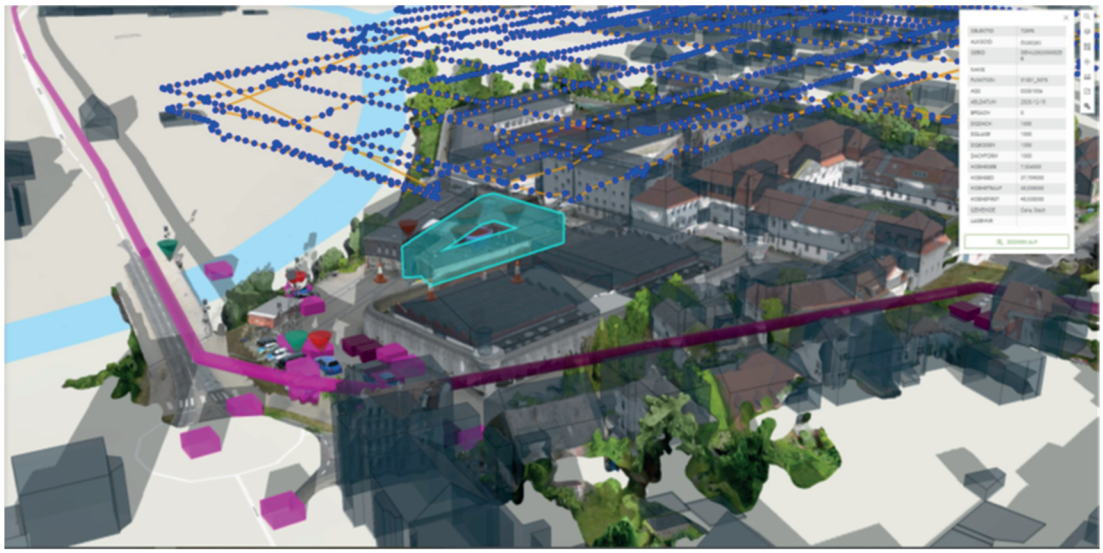


Abbildung 4: Georeferenzierte Visualisierung von IoT, u. a. Stadt Celle im LOD 2, Car-/Person-Devices, Befliegungsdaten mit zugehörigem 3D-Orthomosaikmodell, Raum-Zeit-Analyse bzgl. Schrittfrequenz und Fahrstrecken, Dimensionierung des Gebäudes – Umsetzung: ArcGIS Online

Die Effizienz und Effektivität dieser 3D-Technik im polizeilichen Kontext hängt dabei im entscheidenden Maß von der Datenquantität und insbesondere der Datenqualität und somit von einem funktionierenden Qualitäts- und Wissensmanagement ab (Povalej & Volkmann, 2021).

Für die Projektion raumbezogener Modellierungen sind in GIS- und BIM-Modellen neben der direkten und indirekten Registrierung und Organisation relevanter Daten in standardisierten Formaten auch die Generierung eines geodätischen Bezugs, auch Georeferenzierung genannt, unabdingbar. Dabei kann die Art der Georeferenzierung beispielsweise für die Positionierung in einem GIS auch als BIM-Modell in einem CAD appliziert werden und umgekehrt (Witte et al., 2020, S. 404f., 441f.).

Somit legitimiert ein BIM-Prozess die Option, weiterführende Relationsebenen bzw. Metadaten in kollektiven und prosperierenden Datensätzen behörden- bzw. fachbereichsübergreifend zu integrieren und zu kombinieren, um mit den optimierten Informationen stammend aus diversen Datenquellen operieren und administrieren zu können i. S. v. Datentransparenz, -integration und -konsistenz. Mittlerweile sind in diverse CAD-BIM-Produkte (z. B. AutoCAD bzw. Revit[46], Vectorworks[47], EliteCAD[48]

[46] AutoCAD/Revit – CAD-/BIM-Softwareprodukte der Fa. Autodesk GmbH

[47] Vectorworks – CAD-/BIM-Softwareprodukt der Fa. Computerworks GmbH

[48] EliteCAD – CAD-/BIM-Softwareprodukt der Fa. Xeometric GmbH

oder MicroStation[49]) und auch GIS-Produkten (z. B. ArcGIS[50]) entsprechende BIM-Prozesse impliziert und standardisiert worden. Demzufolge können geobasierte GIS- und BIM-Lösungen als Instrument für eine ressourceneffiziente und -effektive Entscheidungshilfe sowohl zur Bewältigung von Einsatz-, Bedrohung- bzw. Katastrophenlagen als auch im ermittelnden Bereich bei On the Cases bzw. Cold Cases fungieren.

Durch die digitalisierte Prospektion und Visualisierung sämtlicher ermittlungsrelevanter Informationen in ein projiziertes georeferenziertes 3D-Tatortmodell als digitalen Zwilling lassen sich mit der GIS- und BIM-Methode nicht nur die polizeilichen Arbeits- und Prozessabläufe als strategisches Werkzeug effektiver und effizienter realisieren, sondern insbesondere behördeninterne als auch -externe Kommunikationsprozesse durch die damit verbundene Transparenz optimieren. Die daraus resultierenden Vorteile können mit den Begriffen Datenkonsistenz, Datenintegration i. S. v. verlustfreier Datenaustausch, Wirtschaftlichkeit, minimierter Fehlerquote durch optimierte Qualitätskontrolle, Effizienz, Interdisziplinarität, direktere Kommunikation und Kooperation sowie verbessertem automatisierten Datenfluss skizziert werden (Przybylo, 2020, S. 7f., 13ff., 47ff.). Dabei formiert ein optimiertes Wissensmanagement i. S. v. Implementierung von explizitem und implizitem Wissen und konsequentem Datenqualitätsmanagement beginnend bei der Prospektion der tatrelevanten Spuren (z. B. durch Georeferenzierung der Spuren am Tatort), fortsetzend bei der Grunddatenerfassung im Vorgangsbearbeitungssystem (z. B. georeferenzierte Tatortausweisung inklusive Spurenbilder und Modus Operandi) innerhalb der Polizei derart die Grundlage, dass bei Optimierung dieser Prozesse mit der BIM-Arbeitsmethode die polizeiliche Ermittlungsarbeit intensiviert und transparenter reflektiert werden kann. Die Standardisierung der Produktdaten und die Klassifizierung der Merkmale sowie die Implementierung der Austauschformate diverser Softwareprodukte (i. S. v. Datenaustausch-Standards zu einem offenen Standard mittels semantischer Schnittstelle) sind zur Generierung der Interoperabilität i. S. d. INSPIRE-Richtlinie sowie der Strategie Polizei 20/20 zukünftig unverzichtbare Hilfsmittel in den polizeilichen Arbeits- und Prozessabläufen und deklarieren so immense Potentiale, sodass insbesondere die reibungs- und verlustfreie Über- und Weitergabe, Be- und Verarbeitung, Auswertung und Darstellung sowie Austausch von Daten bzw. Informationen den internen und externen Wissens- und Kommunikationstransfer fördern werden (Przybylo, 2020, S. 11ff.).

[49] MicroStation – CAD- und Infrastruktursoftware der Fa. Bentley System Inc.

[50] ArcGIS – GIS-Softwareprodukt der Fa. ESRI Deutschland GmbH

5 GIS und BIM bei der Polizei

Aktuell wird GIS bei den Polizeien der Länder häufig auf die Begriffe Einsatzmanagement, Hot-Spot-Analyse, Crime Mapping oder PP reduziert. Der Einsatz von GIS in der polizeilichen Arbeitswelt sollte aber nicht ausschließlich auf diese Anwendungsbereiche bzw. die simplifizierten Visualisierungen stilisiert werden. Die zunehmende Digitalisierung und der damit einhergehende steigende Automatisierungsgrad von sogenannten 4.0-Technologien prägen immer mehr die tägliche Polizeiarbeit einhergehend mit den wachsenden Anforderungen an die polizeiliche Sachbearbeitung hinsichtlich damit verbundener Qualifikationen in der sich abzeichnenden abstrakteren Tätigkeitsbeschreibung, z. B. Konvertieren, Modellieren, Analysieren und ggf. Programmieren, die fortschreitend in den Vordergrund rücken und sich so standardisierte i. S. v. routinemäßige Tätigkeiten zunehmend minimalisieren bzw. simplifizieren werden.

Dabei gewinnen GIS- aber auch BIM-Anwendungen auch im polizeilichen Einsatz- und Ermittlungsmanagement zunehmend an Bedeutung, z. B. georeferenzierte digitale Fallanalyse, täterreflektierte Mobilitätsanalyse oder Nullhypothesenüberprüfung. In der heutigen Zeit sind generell mobile (z. B. Smartphone, Tablet, Smart Watch, aber auch Car-Forensic-Daten) und sukzessive stationäre (z. B. Smart Home) digitale Geräte mit einem GNSS[51]-Empfänger appretiert bzw. equipiert – s. Abbildung 5.

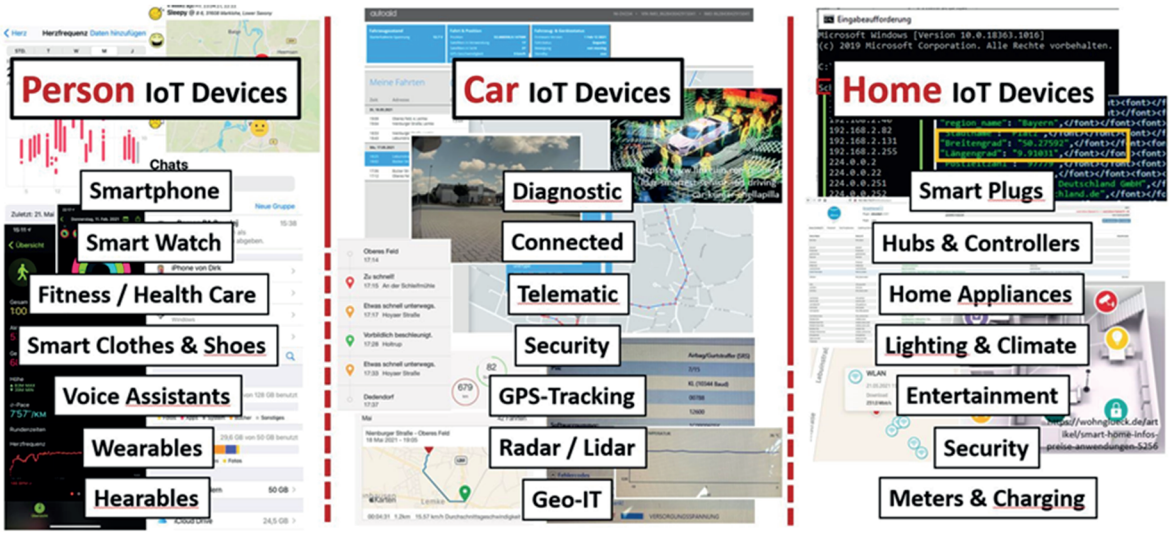


Abbildung 5: Beispielhafte Visualisierung von IoT-Devices, die im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung durch Datenkonsistenz und -integration einen automatisierten Workflow erfahren – Umsetzung: MS-PowerPoint

[51] Global Navigation Satellite System (GNSS), auch globales Navigationssatellitensystem stellt ein globales System zur Positionsbestimmung bzw. Navigation dar; dazu zählen satellitengestützte Navigationssysteme wie z. B. GPS, GLONASS, Galileo oder Beidou/Compass.

Die Positionsbestimmung des GNSS-Signals wird dabei mit Satellitenpositionierungssystemen realisiert und ist mittlerweile als Standardfunktionalität in vielen IoT-Devices implementiert (Bill, 2016, S. 69). Dabei sollte die Registrierung georeferenzierter Informationen in der Vorgangs- und Fallbearbeitung der Polizei des Bundes und der Länder in ein globales Koordinatensystem organisiert werden (Strategie der Polizei 2020). Eine große Herausforderung bei der Tatortarbeit v. a. mit innenliegendem Bezug stellt hierbei die Positionsbestimmung von Objekten bzw. Gegenständen in Echtzeit dar, die sogenannte Echtzeitkinematik bzw. Real Time Kinematic (kurz RTK). Durch Abschirmungen, z. B. nicht ausreichende Verfügbarkeit an Satelliten, Geländemorphologie bzw. -topografie oder Wetterverhältnisse, wird ggf. das GNSS-Signal der IoT-Devices verzerrt reflektiert. Eine Korrektur in Echtzeit durch ein entsprechendes geodätisches Messverfahren oder durch entsprechendes Equipment für eine georeferenzierte Transformation ist erforderlich; aus diesem Grund lassen sich die Indizien und Beweise des objektiven Befundes überwiegend nur in einem lokalen Koordinatenbezugssystem - i. d. R. favorisiert bei den Polizeien der Länder – projizieren bzw. visualisieren – s. Abbildung 6.

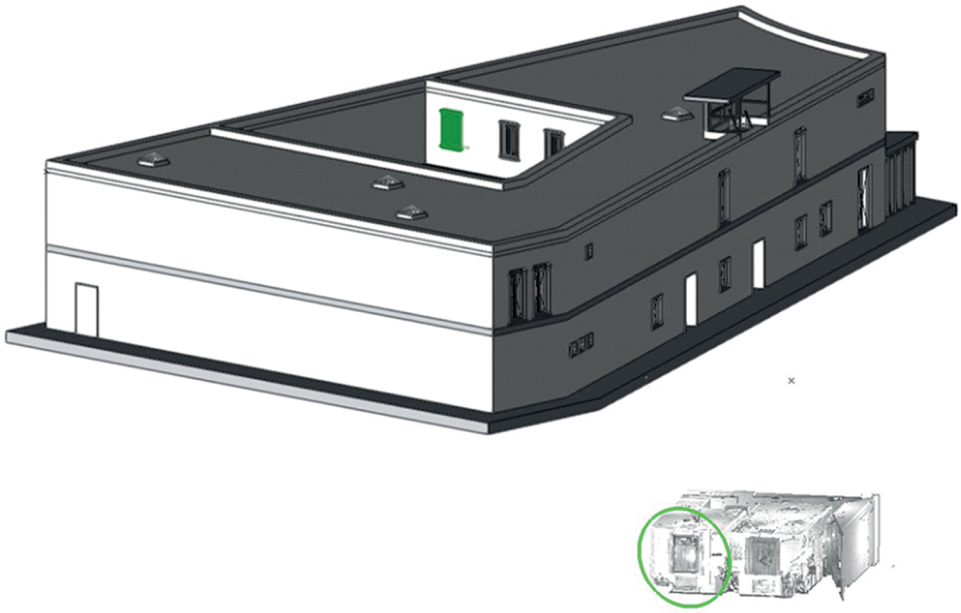


Abbildung 6: Georeferenziertes Objekt eines Verwaltungsgebäudes als 3D-CAD-(BIM)-Modell in Kombination mit Laserscanpunktwolke, Indoor-Vermessung ohne RTK; Laserscans sind mit den geräteimmanenten GNSS-Positionierungssystem registriert und in dem CAD-Programm als Punktwolke implementiert und texturiert visualisiert worden; der grüne Kreis im Bereich der texturierten Visualisierung der Laserscanpunkte symbolisiert das Fenster, das in seiner georeferenzierten Position in dem Objekt mit dem zugehörigen Fensterobjekt ebenfalls grün markiert wurde. Die Verzeichnung resultiert aus der nicht vorgenommenen RTK bzw. aus der nicht erfolgten Reflektion auf einen stationären GNSS-Bezugspunkt durch das Polygon i. S. e. geodätischen Messverfahrens – Umsetzung: Vectorworks.

Mit der standardisierten Realisierung georeferenzierter Informationen in einer GIS-basierten Vorgangs- und Fallbearbeitung unter Implementierung der BIM-Arbeitsmethode konstituiert sich ein immenses Potenzial für die Polizeien der Länder insbesondere im kriminaltechnischen bzw. forensischen und gutachterlichen Bereich, z. B. für Ermittlungsteams, Tatortermittlungsgruppen, forensische externe oder interne Gutachter in den Abteilungen der Landeskriminalämter, sodass sich sämtliche Informationen zu einem Tatort hinsichtlich des subjektiven und objektiven Befunds in einem solchen 3D-BIM-Modell transformieren lassen. Mit BIM können demzufolge virtuelle Objekte i. S. e. Tatortes in der realen Welt modelliert bzw. visualisiert und objektiv von dem an den Arbeits- und Entscheidungsprozess beteiligten Personenkreis ortsunabhängig, d. h. von unterschiedlichen Standorten aus, reproduziert und reflektiert werden.

Aus diesem Grund gewinnt gerade das Interesse an und die Implementierung digitaler 3D-Verfahren insbesondere der 3D-Stereo bzw. VR-Technik zur effizienteren und effektiveren Visualisierung und Illustration der polizeilichen Arbeits- und Entscheidungsprozesse immens an Bedeutung. Dabei sollte die polizeiliche 3D-Tatortarbeit mittels georeferenzierter stereoskopischer, photogrammetrischer oder Laserscanner-Verfahren reflektiert werden – s. Abbildung 7.



Abbildung 7: Georeferenziertes 3D-Orthomosaikmodell der PA Nienburg umgesetzt mit einem photogrammetrischen Auswerteverfahren – Umsetzung mit ArcGIS Drone2Map/ Online

Durch den Einsatz georeferenzierter 2D-/2,5D-/3D- bis hin zu nD-Technologie in Kombination mit der BIM-Arbeitsmethode wird die Tatortarbeit sowohl im Straftat- als auch Verkehrsdeliktsbereich immens stilisiert und harmonisiert. Nicht zuletzt wird so der objektive Tatortbefund kontinuierlich dokumentiert und strukturiert, anschließend auf der Dienststelle oder künftig auch vor Ort mittels einer standardisierten Auswertesoftware visualisiert, um dann durch die Sachbearbeitung analysiert

werden zu können. Diese Auswertungsmethodik konstituiert völlig neue Perspektiven in der polizeilichen Tatortarbeit, sodass sich die digitalisierten Tatorte durch die Georeferenzierung auch in einem GIS implementieren bzw. integrieren und virtuell als BIM mittels 3D-Stereo, AR- bzw. VR-Modell oder Mixed Reality Modell visualisieren lassen. Entsprechende Analyse-Werkzeuge beispielsweise für räumliche Analysen – s. Abbildung 8 – permittieren bzw. legitimieren Vergleiche mit anderen Tatorten hinsichtlich eines gemeinsamen Modus Operandi oder werden in erster Linie durch ihre Objektivität honoriert.

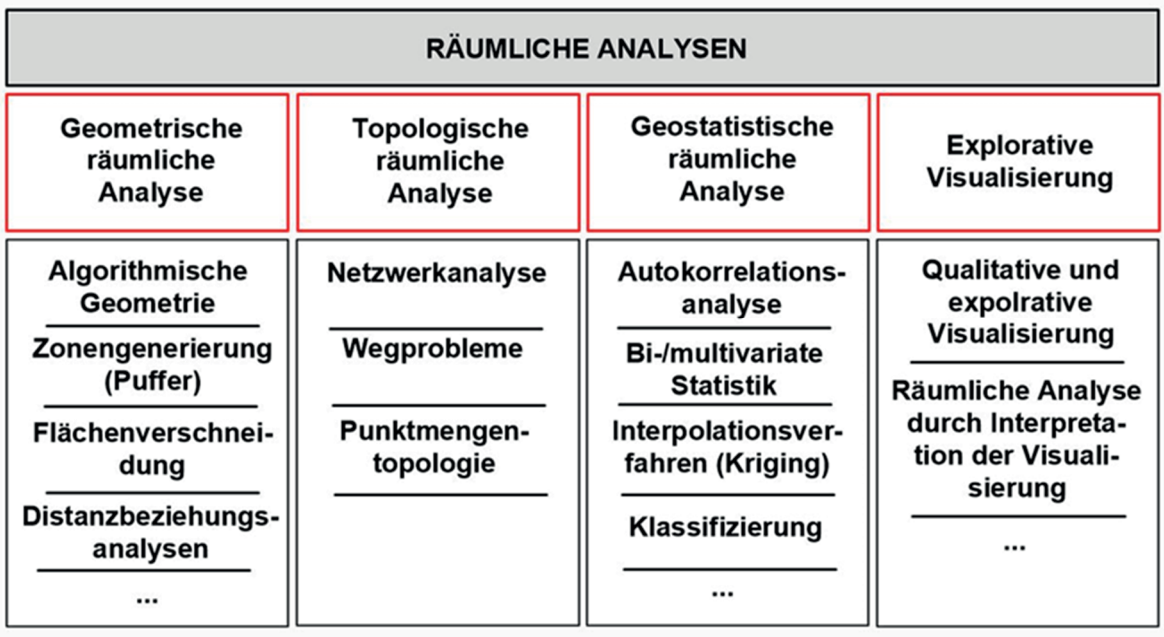


Abbildung 8: Schematische Darstellung diverser räumlicher Analysen, die in Abhängigkeit von der Zielausrichtung geometrisch, topologisch oder geostatistisch geprägt sein bzw. explorativ visualisiert werden können (Witte et al., 2020, S. 408) – Umsetzung: Vectorworks

Die Effizienz und Effektivität der offerierten 3D-Verfahren im polizeilichen Kontext hängt im entscheidenden Maß von der Datenquantität und -qualität und somit von einem funktionierenden Qualitäts-, Wissens- und Kommunikationsmanagement ab.

Die Implementierung und Manifestierung von BIM-Projekten mit einem integrierten Wissens- und Kommunikationsmanagement kann dabei wesentlich zur problemorientierten Lösung durch Gewährleistung von Datenkonsistenz und -integration und somit eines automatisierten Datenflusses beitragen, sodass den künftigen An- und Herausforderungen, z. B. bei einer digitalen Fallanalyse mit der Generierung und Analyse der digitalen direkten und indirekten Daten bzw. Informationen sowohl bei Verbrechenstatbeständen insbesondere der On the Case oder Cold Case Analyse bzw. bei der Bewältigung von komplexen Einsatzlagen insbesondere größeren Schaden-

sereignissen oder Bedrohungslagen als auch bei Verkehrsunfallaufnahmen insbesondere bei hybrid oder rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, progressiv begegnet werden kann. Dabei fungiert BIM als Arbeitsmethode als Makler bzw. Mittler sowohl in einer kleinen als auch großen polizeilichen Organisationsstruktur (Mord-/Sonderkommission bzw. Polizeiinspektion) – s. Abbildung 9.

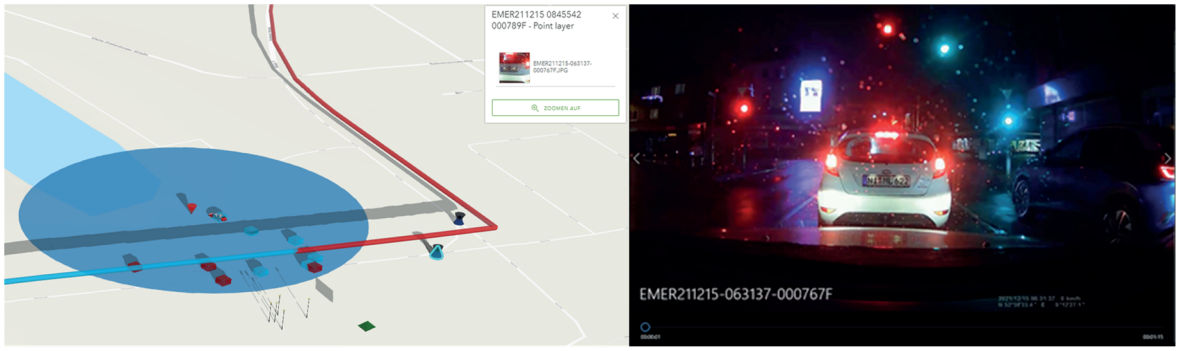


Abbildung 9: Linkes Bild - georeferenzierte Implementierung von IoT-Car-/Person-Devices in einer 3D-Projektion, kombiniert mit einer räumlichen Analyse (Schrittfrequenz – blauer Kreis) inklusive Reflektion auf eine Dashcam-Aufnahme (oberer Bildrand – Bildausschnitt); rechtes Bild - Ausschnittvergrößerung der videografischen Aufzeichnung mit Deklaration der Videodatei und Pointierung diverser spezifischer Fahrzeugparameter – Umsetzung: ArcGIS Online

Insbesondere die Transformation von analogem Wissen über den digitalen Wissenstransfer mittels BIM-Arbeitsmethode würde die Prozesse wesentlich harmonisieren und somit das Zeitmanagement optimieren sowie den drohenden Wissensverlust bedingt auch durch den demografischen Wandel innerhalb der Polizeiorganisation zum großen Teil kompensieren. Für eine solche Transformation sind ganzheitliche Lösungsansätze erforderlich und in erster Linie standardisierte Austauschformate zu favorisieren. Ein sorgsamer Umgang mit den qualitativen Informationen postuliert und konsolidiert insbesondere die Effizienz und Effektivität entsprechender Prozessmodelle (Parthier, 2019). Dabei trägt die permanente Kontrolle prozessrelevanter Daten durch ein implementiertes Datenmanagement immens zur Eliminierung von Datenqualitätsverlusten sowie zur Prozesssicherheit bei (Earls, 2015). Nicht zuletzt wirken sich Defizite in der Datenqualität über die gesamte Prozesskette aus und sind einmal in diesem Prozess implementiert, nur mit erheblichem Mehraufwand korrigierbar – s. Abbildung 10.

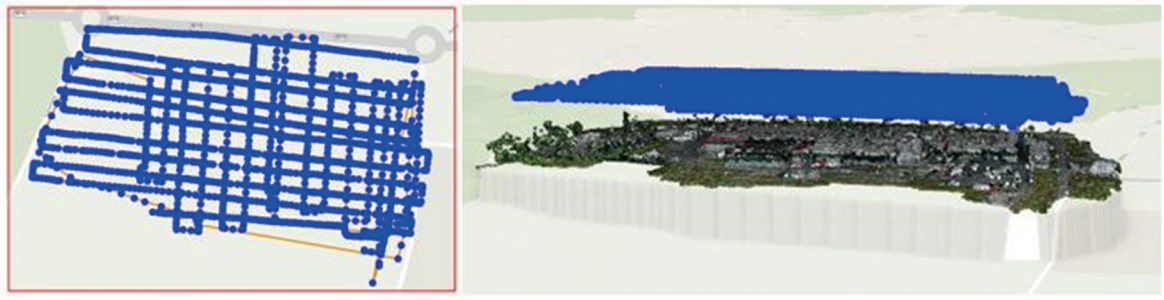


Abbildung 10: Georeferenzierte Befliegungsroute ohne RTK (linkes Bild) eines Wirtschaftskomplexes mit dem polizeilichen Multicopter im manuellen Flugmodus bei konstanter Flughöhe ohne Beachtung des Double-Grid-Clusters - 3D-Modell (rechtes Bild) und ohne realen Bezug auf die örtliche Geländeoberkante (GOK), sichtbar durch die Überhöhung in der photogrammetrischen Auswertung im Orthomosaikmodell (rechtes Bild) – Umsetzung: ArcGIS Drone2Map

Für eine Interoperabilität sind die Standardisierung der Produktdaten, die Klassifizierung der Merkmale sowie die Implementierung von standardisierten Austauschformaten diverser Softwareprodukte i. S. e. Datenaustausch-Standards zu einem offenen Standard, bspw. mittels IFC- oder CityGML-Schnittstelle (Semantik), zukünftig unverzichtbare Hilfsmittel in der polizeilichen Arbeit und suggerieren gleichzeitig immense Potenziale, sodass insbesondere die reibungs- und verlustfreie Translation, Tradierung, Organisation, Analyse, Interpretation und Visualisierung von Daten bzw. Informationen den internen und externen Wissens- und Kommunikationstransfer intensivieren würde – s. Abbildung 11.

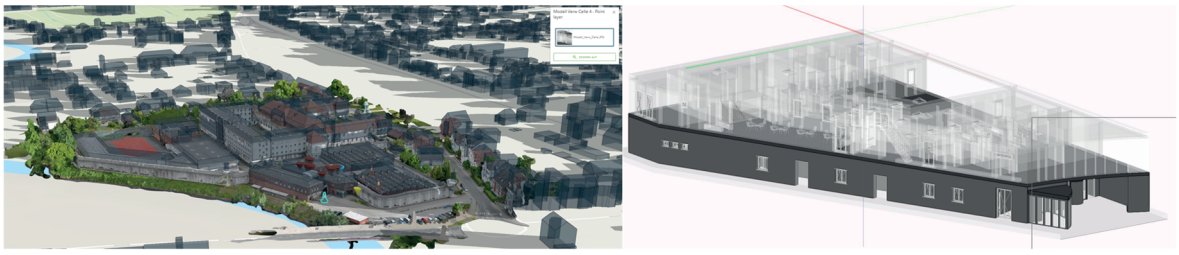


Abbildung 11: Tatarbeit neu definiert – standardisierte Austauschformate integrieren 3D-Orthomosaik eines Verwaltungsgebäudes in der Stadt Celle in einem GIS (linkes Bild) – Umsetzung ArcGIS Online; Verlinkung des GIS mit einem (CAD)-BIM-Programm führt zur interaktiven Visualisierung 3D-CAD-(BIM-)Modell des Verwaltungsgebäudes – Umsetzung Autodesk Revit (rechtes Bild)

Die resultierenden Vorteile georeferenzierter Arbeits- und Prozessabläufe unter Implementierung der BIM-Arbeitsmethode lassen sich zusammenfassen mit den Begriffen Datenkonsistenz, verlustfreier Datenaustausch, Wirtschaftlichkeit durch viel höhere Transparenz und damit einhergehender minimierter Fehlerquote, Effizienz, Interdisziplinarität, direktere Kommunikation und Kooperation, optimierter interner und/oder externer Qualitätskontrolle sowie verbesserten Datenfluss.

6 Chancen und Potenziale

GIS- und BIM-Anwendungen werden sich sicherlich im polizeilichen Einsatz- und Ermittlungsmanagement etablieren bzw. manifestieren, z. B. bei der GIS-basierten Führung von Einsatzlagen im Rahmen der AAO[52] bzw. BAO[53], bei PP oder bei O-SINT[54]-Analysen. Insbesondere die Visualisierung raumbezogener Zusammenhänge, die Durchführung von Analysen, die Optimierung von Einsatzplanungen sowie Präventionsmaßnahmen und nicht zuletzt das statistische Berichtswesen haben bereits heute bei den Polizeien der Länder Einzug gehalten. Die Assoziation der georeferenzierten Daten und Informationen mit der BIM-Arbeitsmethode repräsentiert und charakterisiert dabei ein zentrales Bindeglied zwischen den derzeitigen und den künftigen Aufgabenwahrnehmungen bei den Polizeien der Länder zur Gewährleistung von Datentransparenz, -konsistenz, und -integration i. S. e. automatisierten Workflows. Dabei offeriert eine GIS-basierte Plattform eine Vielzahl an Synergien, um georeferenzierte Daten für Kartenprojizierung, Visualisierung, Bilddaten- und Fernerkundungsanalyse, 3D-Modellierung inklusive BIM-Modifizierung und deren permanente Reproduzierbarkeit auch in einem virtuellen, mobilen oder stationären Raum, räumliche Analysen und Beziehungen inklusive Kriminalitätsprognose bzw. -prävention, Datenmanagement und insbesondere BigData-Administration auch App-basiert praktizieren bzw. realisieren zu können. Insbesondere die Bewältigung komplexer Einsatzlagen und/oder Ermittlungstätigkeiten sollte unter dem Aspekt der Garantie von Datentransparenz, -konsistenz, -integration und des damit einhergehenden automatisierten Workflows die Implementierung eines georeferenzierten 3D-CAD-/BIM-Modells als digitaler Zwilling mit der BIM-Arbeitsmethode standardisiert Anwendung finden. Insbesondere die Modellierung und Simulation polizeilicher Lagen, z. B. Gefahren-, Schadens-, Katastrophen- oder Bedrohungslagen (Povalej & Volkmann, 2021) in Echtzeit bspw. mittels eines dreidimensionalen stereoskopischem Monitor PluraView und einer Polarisationsfilterbrille (Schneider, 2021), würde immens den behördeninternen und -externen Wissens-, Kommunikations- und Datentransfer optimieren und damit mögliche Informationsdefizite minimieren. Demzufolge gewinnt das Interesse an und die Implementierung digitaler 3D-Technik insbesondere der 3D-Stereo bzw. AR- bzw. Mixed-Reality-Technik zur effizienteren

[52] AAO – Allgemeine Ablauforganisation, bei simplen i. S. v. alltäglichen polizeilichen Einsatzlagen Anwendung findend, z. B. schlichter Verkehrsunfall, Familienstreitigkeiten

[53] BAO – Besondere Ablauforganisation, bei komplexen polizeilichen Lagen Anwendung findend, zeitlich begrenzt, z. B. Großveranstaltungen, Katastrophenfall oder Tötungsdelikt

[54] OSINT – Open Source Intelligence, beschreibt die Generierung und Analyse von Informationen aus frei zugänglichen i. S. v. offenen Quellen (Medienbeobachtung, Medienanalyse)

und effektiveren Modellierung, Visualisierung und Illustration der polizeilichen Arbeits- und Prozessabläufe immens an Bedeutung. Dabei hängt die Effizienz und Effektivität dieser 3D-Technik im polizeilichen Kontext im entscheidenden Maß von der Datenquantität und insbesondere der Datenqualität und somit von einem funktionierenden Qualitäts- und Wissensmanagement ab (Povalej & Volkmann, 2021).

Die Integration datenschutzrechtlicher, ökonomischer und struktureller Aspekte ist bei der Entwicklung einer integrativen und konsistenten GIS- und/oder BIM-Infrastruktur von entscheidender Bedeutung. Ein wesentliches Erfordernis i. S. d. INSPIRE-Richtlinie bzw. Strategie Polizei 20/20 sind behördenübergreifende Standardisierungen einhergehend mit einem transparenten Wissens-, Datenqualitäts- und Kommunikationsmanagement, um den Herausforderungen, die die Digitalisierung 4.0 mit sich bringt, auch bewältigen zu können.

Die polizeilichen Arbeits- und Prozessabläufe werden durch eine hohe Variabilität bzw. Diversität der Datenformate mit den damit initiierten Spezifikationen hinsichtlich der offerierten Methoden, Systeme und Datenmodelle charakterisiert. Künftig wird die effizientere und effektivere Modellierung dieser polizeilichen Abläufe definiert über Interoperabilitäten von Datenformaten und Standards v. a. hinsichtlich ihrer Integrationsmöglichkeiten in andere Domänen. Erste Integrationsansätze resultieren aus den Standards IFC oder CityGML, die standardisierte Datenmodelle für die Repräsentation von Informationen im BIM-Prozess i. S. d. BIM-Arbeitsmethode legitimieren, auf die auch bei den Polizeien der Länder stärker reflektiert werden sollte.

Durch die Integration der GIS- und BIM-Methoden und deren Anwendung v. a. der Implementierung der BIM-Arbeitsmethode lassen sich polizeiliche Arbeits- und Prozessabläufe wesentlich optimieren, sodass durch solche integrativen Methoden Daten bzw. Informationen nahtlos modifiziert, kommuniziert und interagiert sowie die darin enthaltenden Informationen hinsichtlich ihrer Infrastruktur in ihrem Gesamtkontext stärker hinterfragt werden können. Kommunikative Transferleistungen tragen dabei entscheidend dazu bei, dass insbesondere prägnante und plausible Wirkmechanismen mit der BIM-Arbeitsmethode umsetzbar erscheinen, über den angeregten Kommunikationsprozess Transparenz dokumentiert werden und sich letztlich in der Motivation des institutionellen Personalkörpers v. a. in der Organisation Polizei widerspiegeln könnten.

7 Ausblick

Resümierend bleibt festzustellen, dass gerade GIS- und BIM-Methoden noch stärker unter Einbeziehung der BIM-Arbeitsmethode Einzug in die polizeilichen Arbeits- und Prozessabläufe Eingang finden werden, nicht zuletzt forciert durch die Strategie P2020. Allerdings postuliert die Implementierung dieser Methoden bei den Polizeien

der Länder einen Paradigmenwechsel, der in der Praxis nicht abrupt, sondern sukzessiv realisiert werden sollte. Deshalb sind v. a. beim Wissens- und Kommunikationsmanagement i. S. v. Transferleistung über GIS und BIM v. a. prägnante und plausible Wirkmechanismen erforderlich, sodass über den angeregten Kommunikationsprozess ein progressiver Wissenstransfer initiiert und somit eine hohe bzw. offene Transparenz dokumentiert werden könnte, die sich letztlich in der Motivation der betreffenden Personen in der polizeilichen Organisation und folglich auch im progressiven Datenqualitätsmanagement reflektieren würde. Gleichbedeutend wird mit den GIS- und BIM-Methoden ein Datenqualitätsmanagement realisiert, das Datentransparenz, -konsistenz und -integration postuliert, die erst einen automatisierten Workflow garantieren, d. h. i. S. d. Strategie Polizei 2020 die Distanzierung von Individuallösungen. Letztlich wird die Lebenswirklichkeit dreidimensional visualisiert, aber die Realität der Verfahrensakten, aktuell auch als elektronische Akte, nur zweidimensional (Larl, 2013, S. 321f.).

8 Literaturverzeichnis

Bartelme, N. (2005): „Geoinformatik. Modelle, Strukturen, Funktionen“. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Bill, R. (2016): „Grundlagen der Geo-Informationssysteme“. 6. Aufl. Berlin, Offenbach: Wichmann Verlag.

Blankenbach, J., Clemen, C. & Becker, R. (2020): „Grundlagen: Die Methode BIM“. In: DVW e. V. und Runder Tisch GIS e. V. (Hrsg.), Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 3.0. Bühl, München, S. 18–39. Abgerufen am 22.02.2021 von https://www.google.com/search?q=Leitfaden+Geod%C3%A4sie+und+BIM&oq=Leitfaden+Geod%C3%A4sie+und+BIM&aqs=chrome..69i57j0i22i30.1143j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

BMI, B. d. (2021): „Hinweise für dieses Verfahren und besondere Bewerbungsbedingungen. Rahmenvereinbarung zur Umsetzung der digitalen Transformation Polizei 20/20“. Az. ZIB21.25. - 0814/21VV : 1. B. d. Inneren, (Hrsg.). Abgerufen am 03.01.2022 von https://ausschreibungen-deutschland.de/854123_Rahmenvereinbarung_zur_Umsetzung_der_digitalen_Transformation_Polizei2020Referenznummer_der_2021_Bonn.

Earls, A. (2015): „Bessere Datenqualität beginnt mit besseren Prozessen – nicht mit der Software“. ComputerWeekly.de. (T. inc., Hrsg.) Newton. Abgerufen am 22.11.2020 von https://www.computerweekly.com/de/feature/Bessere-Datenqualitaet-beginnt-mit-besseren-Prozessen-nicht-mit-der-Software.

Egger, M., Hausknecht, K., Liebich, T. & Przybylo, J. (2013): „BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber. Endbericht.“. Bonn. Abgerufen am

23.12.2020 von https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bim-leitfaden-deu.pdf?__blob=publicationFile.

ESRI (2021): „ArcGIS Pro“. Abgerufen am 06.08.2021 von https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/arcgis-pro/overview.

EU-Rat. (2007): „Die Geodateninfrastruktur der EU (INSPIRE)“. R. d. Europäischen Union & A. f. Union (Hrsg.) Luxembourg: EUR-Lex & Legal Information Unit. Abgerufen am 11.12.2021 von https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISSUM%3Al28195.

Kauer, J., Lehmkühler, H. & Steinmann, R. (2022): „BIM & GIS. Grundlagen, Synergien und Best-Practice-Beispiele“. Berlin, Offenbach: Wichmann-Verlag.

Larl, W. (2013): „Virtuelle Realität“. In: Artkämper, H. & Clages, H. (Hrsg.), Kriminalistik gestern - heute - morgen. Festschrift zum 10-jährigen Bestehen der Deutschen Gesellschaft für Kriminalistik. 1. Aufl. Stuttgart: Boorberg Verlag, S. 317–328.

Maurer, G. (2015): „Integrale Planung ist Kopfsache“. In: Ryll, C., Westphal, T. & Herrmann, E. M. (Hrsg.), BIM Building Information Modeling I Management. Methoden und Strategien für den Planungsprozess. Beispiele aus der Praxis. 1. Aufl. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, S. 32–35.

May, I. & Braman, H. (2015): „Digital Planen Bauen betreiben“. In: Westphal, T. & Herrmann, E. M. (Hrsg.), BIM Building Information I Management. Methoden und Strategien für den Planungsprozess. Beispiele aus der Praxis. 1. Aufl. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, S. 18–19.

NIMBS, N. B. (2015): „National BIM Standard-United States“. N. I. Staaten (Hrsg.) Washington. Abgerufen am 23.12.2020 von https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf.

Parthier, U. (2019): „Gut oder schlecht? - Datenqualität richtig einschätzen“. IT-daily.net. (IT-Redaktion, Hrsg.) Otterfing: IT Verlag für Informationstechnik GmbH. Abgerufen am 21.11.2020 von https://www.it-daily.net/it-management/big-data-analytics/21214-gut-oder-schlecht-datenqualitaet-richtig-einschaetzen.

Povalej, R. & Volkmann, D. (2020): „GIS und Geoinformatik bei der Polizei“. In: Rüdiger, T.-G. &. Bayerl, P. S. (Hrsg.), Cyberkriminologie für das digitale Zeitalter. Wiesbaden: Springer Nature Verlag, S. 685–706.

Povalej, R. & Volkmann, D. (2021): „Predictive Policing“. In: Informatik Spektrum. Vol. 44 (No. 1), S. 57–61. Abgerufen am 10.03.2022 von doi: https://link.springer.com/article/10.1007/s00287-021-01332-4.

Przybylo, J. (2020): „BIM. Einstieg kompakt. Die wichtigsten BIM-Prinzipien in Projekt und Unternehmen“. Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.). 2. Aufl. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag.

Schneider, J. J. (2021): „3D PluraView Family“. Miesbach. Abgerufen am 22.11.2021 von https://shop.schneider-digital.com/systeme/3d-pluraview/.

Strobl, J. (2020): „Dynamische Geoinformatik – Geleitwort“. In: Zagle, B. & Loidl, M. (Hrsg.), Geo-IT in Mobilität und Verkehr. 1. Aufl. Berlin, Offenbach: Wichmann Verlag.

Tomlinson, R., Calkins, H. & Marble, D. (1976): “computer handling of geographical data. An examination of selected geographic information systems”. 1. Aufl. Genf: The Unesco Press. Abgerufen am 15.01.2021 von https://www.researchgate.net/publication/50325667_Computer_Handling_of_Geographic_Data_An_Examination_of_Selected_Geographic_Information_Systems/link/55e5f07a08aec74dbe74df3d/download.

Weiss, E., Strubl, C. & Goschy, W. (2015): “LEAN-Management. Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen“. 3. Aufl., Bd. 18). Bad Homburg: Erich Schmidt Verlag.

Witte, B., Sparla, P. & Blankenbach, J. (2020): „Vermessungskunde für das Bauwesen mit Grundlagen des Building Information Modeling (BIM) und der Statistik“. 9. Aufl. Berlin und Offenbach: Wichmann-Verlag.

Zagel, B. & Loidl, M. (2020): „Geo-IT in Mobilität und Verkehr“. 1. Aufl. Berlin, Offenbach: Wichmann Verlag.

Mobility in Applied Economics

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in Applied Economics

Jan Werner

Professor of Economics at the Cologne Business School, University of Applied Sciences, Hardefuststraße 1, 50677 Köln and Mayor of the City of Langen, Südliche Ringstraße 80, 63225 Langen, Germany, jan.werner@langen.de

The term mobility has different meanings in various scientific disciplines. In economics, mobility is the ability of an individual or a group to improve their economic status in relation to income and wealth within their lifetime or between generations. However, a definition restricted to socio-economic mobility or labour mobility is rather too short-winded to describe all aspects of mobility in economics, because mobility can of course also be used in relation to capital mobility or factor mobility. For example, the free movement of goods, services, capital and persons within the European Union (the so-called "four freedoms") is another important issue of mobility in economics. Capital mobility and tax competition are pressing matters for tax authorities as well as politicians in modern economies, especially under conditions where there are a huge number of supporters [55] and adversaries [56] of tax competition in economic literature. [57]

Topics in applied economics include labour economics, development microeconomics, health, education, demography, empirical corporate finance, empirical studies of trade, and empirical behavioural economics.

The huge economic potential of artificial intelligence is presented in the first contribution, by Michael Vogelsang entitled "*AI regulation by the EU – Am assessment of the regulatory proposals of the EU Commission from April 2021 from an economic perspective*" As a cross-sectional technology, artificial intelligence affects all operational functions in different industries. The relationships between companies, citizens and the public sector are influenced or controlled by applications of artificial intelligence. The introduction of AI applications is accompanied by advantages, but also possible risks. Therefore, in April 2021, the European Commission presented a proposal for the regulation of artificial intelligence. The author analyses the proposed regulation against the background of economic theories.

[55] See Tiebout, 1956.

[56] See Oates, 1972.

[57] See Wilson, 1996.

The diversity of mobility aspects in the field of applied economics is highlighted by the second contribution, entitled *"About the needs of innovative consumers regards to e-mobility in Germany"* by Christian Lucas. This article investigates how the sales figures for disruptive technologies typically develop and analyzes its penetration using the example of electro mobility in Germany. The author divides the target customers into three different requirement groups (1) those with an affinity for innovation, (2) the masses, and (3) the latecomers. The results of a German-wide survey with 4,056 students show that the perception of electro mobility technology varies between those three groups and the exact results are presented in detail in the article.

The third contribution by Franziska Schmidt and Achim Teichert entitled "*Mobility preferences and price flexibility of specific groups*" uses a sample of 1,000 end consumers to discuss their values for a mobility landscape of the future, in which autonomous offers have already prevailed and the change from pilot to passenger has been fully completed.

The fourth contribution, by Helena Schulz, entitled "*Approaches to deal with a Dutch Disease – A Systematic Review*" highlights the question of how countries and governments can successfully deal with resource deposits and the so-called Dutch Disease, because Werner (2012) shows that national resource funds are an opportunity to overcome the possible strongly negative economic development. The author conducts a short literature review with some empirical studies that deal with countries facing occurring or possible occurring Dutch disease because of resource deposits like minerals or oil. It shows that, industrial diversification, a favourable business environment, and attracted domestic and foreign investment in the industrial and agricultural sectors as well as good institutional quality are recommended to prevent a Dutch Disease.

These four contributions discuss important and very different aspects of mobility within applied economics.

References

Oates, W. (1972): *Fiscal Federalism*, 1. Edition, New York, Harcourt Brace Jovanovic.

Tiebout, C. (1956): A Pure Theory of Local Expenditures in *Journal of Political Economy*, Volume 64, Issue 5, pages 416-24.

Werner, J. (2012): Revenues from National Resource Taxation – both a blessing and a curse in Werner, Jan / Sucky, Eric / Biethahn, Niels and Grube, Gerd (2012): Mobility in Globalised World, Logistik & Supply Chain Management Issue 6, Bamberg, Germany, University of Bamberg Press, page 45-50.

Wilson, J. (1999): Theories of Tax Competition in *National Tax Journal*, Volume 52, pages 269-304

KI-Regulierung durch die EU – Eine Einschätzung der Regulierungsvorschläge der EU-Kommission vom April 2021 aus ökonomischer Perspektive

Michael Vogelsang

Hochschule Ruhr West, michael.vogelsang@hs-ruhrwest.de

1 Einleitung 314

2 KI-Entwicklung und Regulierungsbedarf 314

3 Überblick über die Regulierungsvorschläge 317

4 Ökonomische Einordnung der Lösungsansätze 320

5 Bewertung 326

6 Zusammenfassung 327

7 Literaturverzeichnis 328

Abstract:

Künstliche Intelligenz betrifft als Querschnittstechnologie alle betrieblichen Funktionen in unterschiedlichen Branchen. Die Beziehungen von Unternehmen, Bürgerinnen und Bürgern und Staat werden durch Anwendungen der Künstlichen Intelligenz beeinflusst oder gesteuert. Mit der Einführung von KI-Anwendungen gehen Vorteile, aber auch mögliche Risiken einher. Daher hat die Europäische Kommission im April 2021 einen Vorschlag für eine Regulierung von Künstlicher Intelligenz vorgestellt. In diesem Beitrag wird der Regulierungsvorschlag vor dem Hintergrund ökonomischer Theorien analysiert.

JEL Classification: C45, D40, L51

Keywords: Künstliche Intelligenz, Wirtschaftspolitik, Regulierung, Europäische Kommission.

1 Einleitung

Unternehmen und ihre Verbände, Nichtregierungsorganisationen, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Informatik, Philosophie und Ökonomie und vielen anderen Bereichen haben in den letzten Jahren auf die Regulierungsvorschläge zur Künstlichen Intelligenz (KI) eingewirkt. Als Ergebnis hat die EU-Kommission am 21. April 2021 einen Regulierungsvorschlag zur Querschnittstechnologie KI vorgestellt. Ziel der Kommission ist eine vertrauenswürdige KI, die Sicherheitsanforderungen erfüllt und Menschenrechte schützt. Durch das regulierungsinduzierte Vertrauen erarbeitet sich Europa nach Hoffnung der EU-Kommission einen Wettbewerbsvorteil bei der Entwicklung von KI-Anwendungen.

Dieser Beitrag analysiert die möglichen Probleme, die mit den KI-Anwendungen einhergehen und bewertet die Regulierungsvorschläge der EU-Kommission anhand der drei Kriterien Klarheit, Zielsetzung und Effizienz vor dem Hintergrund ökonomischer Theorien.

2 KI-Entwicklung und Regulierungsbedarf

2.1 Aktueller Stand

Der Mathematiker Alan Turing schätzte 1950, dass zum Ende des Jahrhunderts Maschinen so weit wären, den von ihm konzipierten Turing Test zu bestehen. Wenn ein menschlicher Fragesteller nicht erkennen kann, ob die Antworten von einem Menschen oder einer Maschine stammen, sei das *Imitation Game* bestanden. Dies gelte dann als Indiz, dass Maschinen denken können (Turing, 2021).

In seiner Konzeption des *Imitation Game* ging Turing von einer schriftlichen Kommunikation aus. Google präsentierte im Jahr 2018, dass Maschinen ebenfalls in natürlicher Sprache mit Menschen kommunizieren können, ohne dass diesen auffällt, dass es sich bei dem Gesprächspartner um eine Maschine handelt.[58]

Für derartige NLP- (Natural Language Processing) Anwendungen werden neuronale Netze mit Beispielen für menschliche Sprache trainiert. Dieses Verfahren kann ebenso eingesetzt werden, um aus Programmierwünschen, die in menschlicher Sprache geäußert werden, den entsprechenden Code als Output zu erzeugen. OpenAI präsentierte[59] ein solches System für *Machine Programming* im Jahr 2021.

[58] https://www.youtube.com/watch?v=D5VN56jQMWM

[59] https://youtube.com/watch?v=SGUCcjHTmGY

Das Beispiel belegt die modulare Entwicklung von künstlich intelligenten Systemen: Vorhandene Algorithmen und bereits trainierte Systeme können für neue Anwendungen eingesetzt werden. Um *Machine Programming* nicht nur mit geschriebener, sondern auch mit gesprochener Sprache umzusetzen, reicht es aus, die Schnittstellen (APIs) zu vorhandenen Systemen zu schaffen.

Damit findet ein sich akzelerierender Wissens- und Methodenaufbau statt. Der Zustand der Singularität, in dem eine Software der menschlichen Intelligenz in allen Bereichen überlegen ist, ist abzusehen. Allerdings ist es von der Substituierbarkeit der Produktionsfaktoren abhängig, ob damit zusätzlich eine ökonomische Singularität im Sinne eines unbegrenzten Wachstums einhergehen wird (Nordhaus, 2021).

2.2 Algorithmic Decision Making

Durch die modulare Entwicklung sowie die gemeinsame Nutzung von Daten und Netzinfrastrukturen ergeben sich zunehmende Skalenerträge für KI-Anwendungen (Vogelsang, 2021). Dies verbessert die Prognosefähigkeit, d. h. die Genauigkeit der individualisierten Vorhersage je Merkmalsträger. Damit werden automatisierte Entscheidungssysteme (Algorithmic Decision Making - ADM) möglich, d. h. die Skalierung bei gleichzeitiger Individualisierung von Entscheidungen wird erreicht.

Die ökonomischen Voraussetzungen sind gegeben, damit ADM-Systeme zunehmend verbreitet werden. Dabei sind verschiedene Abstufungen möglich (Datenethikkommission, 2019):

- Algorithmenbasierte Entscheidungen
- Algorithmengetriebene Entscheidungen
- Algorithmendeterminierte Entscheidungen (vollständig automatisiert).

ADM-Systeme werden zuerst in Bereichen eingesetzt, bei denen der Routineanteil an den menschlichen Entscheidungen hoch und deren Relevanz niedrig ist. Mit zunehmender technologischer Entwicklung werden zudem komplexere und/oder weitreichendere Entscheidungen durch Algorithmen getroffen werden.

2.3 Entscheidungen: Vorteile und Gefahren

Selbst wenn Menschen rational entscheiden, unterliegen sie häufig einer begrenzten (bounded) Rationalität, weil beispielsweise Informationen unvollständig sind oder ein Druck für eine rasche Entscheidung besteht. Dies führt zur Anwendung von Heuristiken oder der Entscheidung für die erstbeste Alternative, die die Mindestbedingungen erfüllt (Gigerenzer, 2001).

Verglichen mit den menschlichen Möglichkeiten können vernetzte Maschinen grundsätzlich viel mehr Daten in kürzerer Zeit zur Entscheidungsfindung einsetzen. Ihre Rationalität ist in diesem Sinne unbegrenzter als die menschliche Rationalität.

Allerdings kann aus diesem Vorteil nicht geschlossen werden, dass automatisierte Entscheidungen grundsätzlich richtig oder diskriminierungsfrei seien. Die folgenden Risiken können im Zusammenhang mit softwarebasierten Entscheidungen auftreten:

- Der Code ist fehlerhaft programmiert.
- Overfitting: Auch wenn sich ein Künstliches Neuronales Netz (und weitere KI-Methoden) gut an Trainingsdaten anpasst, bedeutet dies nicht, dass das Modell auch gut generalisiert, d. h. auch auf unbekannte Daten angewendet gute Ergebnisse erzielt (Bejani und Ghatee, 2021).
- Angriffe und Manipulation durch Dritte (*Hacking, Terror*).
- Es kommt zu Verzerrungen bei den KI-basierten Entscheidungen (*AI Bias*). Die Verzerrungen können ihre Ursachen in den Daten, im Algorithmus oder im Zusammenspiel mit dem Nutzer haben (Cowgill & Tucker, 2019; Mehrabi et al., 2022). Zudem gibt es unterschiedliche Ansätze, um ein faires Ergebnis zu definieren.
- Insbesondere beim Einsatz von neuronalen Netzen ist die Bedeutung von einzelnen Gewichten kaum nachvollziehbar. Die Vorhersage bzw. Empfehlung oder Entscheidung wird intransparent (*Black Box*) (Martini, 2019).
- Menschen geben Empfehlungen von Maschinen einen Vertrauensvorschuss (Sundar & Kim, 2019). Das bedeutet auch, dass Menschen durch automatisierte Systeme leichter manipuliert werden können.
- Es kommt zu negativen Arbeitsmarkteffekten. KI wird Berufe verändern, d. h. die Tätigkeiten werden neu zusammengesetzt. Allerdings gibt es aus den empirischen Untersuchungen der letzten zehn Jahre keine Hinweise auf eine steigende Arbeitslosigkeit aufgrund eines vermehrten KI-Einsatzes (Lane, 2021).

Insgesamt kann der vermehrte Einsatz algorithmendeterminierter Entscheidungen dazu führen, dass die **menschliche Autonomie** in Gefahr gerät. Daher entsteht Regulierungsbedarf.

2.4 Regulierungsbedarf

Die Methoden, die unter dem Begriff Künstliche Intelligenz zusammengefasst werden, gelten als Querschnittstechnologie, die alle betrieblichen Funktionen sowie die Beziehungen zwischen Staat, Bürgern bzw. Konsumenten und Unternehmen beeinflussen.

Die Politikfelder, auf die Künstliche Intelligenz wirkt, sind vielfältig und beinhalten auch die Handels-, Arbeitsmarkt- und Sozialpolitik (Agrawal et al., 2019). Wird die Schutzfunktion des Staates in den Vordergrund gerückt, liegt es nahe, die Technologie selbst zu regulieren bzw. den Anbietern einer Regulierung zu unterwerfen. Rambachan et al. (2021) zeigen theoretisch, dass durch ein Audit der Algorithmen deren

Vorhersage verbessert wird und es einfacher wird, Diskriminierung zu entdecken. Martini sortiert die Bausteine einer Regulierung von Algorithmen aus juristischer Perspektive nach ihrem relativen Zeitraum:

Ex ante	**Begleitend**	**Ex Post**
Transparenzanforderungen	Dokumentationspflichten	Haftung
Qualitätsanforderungen (Daten)	Informationspflichten	Sanktionen
Risikoabschätzungen	Hoheitliche Einsichtsrechte	Rechtsschutz
Zulassungskontrolle	Ergebniskontrolle	Monitoring

Regulierte Selbstregulierung	
Zertifizierung / Auditierung	Selbstverpflichtungen

Tabelle 1: Bausteine einer Algorithmenregulierung (Quelle: Martini, 2019, S. 339)

Der Regulierungsvorschlag der EU (European Commission, 2021b) stellt eine Kombination dieser Maßnahmen dar und wird im folgenden Kapitel vorgestellt.

3 Überblick über die Regulierungsvorschläge

3.1 Chronologie

Im Jahr 2018 hat mit öffentlichen Konsultationen, Anhörungen im Europäischen Parlament, einem White Paper und Expertengruppen die Arbeit an dem Regulierungsvorschlag begonnen. Dieser wurde im April 2021 veröffentlicht (European Commission, 2021c). Anschließend gab es ein weiteres Konsultationsverfahren („*have your say*“), bei dem 304 Rückmeldungen[60] von Verbänden, Unternehmen oder Einzelpersonen eingingen. Zum Jahreswechsel 2021/22 befand sich der Regulierungsentwurf in dem Abstimmungsverfahren zwischen den Europäischen Institutionen und den Mitgliedsländern.

3.2 Zusammenfassung der Inhalte

Die folgende Darstellung fasst die wichtigsten Punkte des Regulierungsentwurfs (European Commission, 2021b) zusammen. Die Artikelangaben beziehen sich auf dieses Dokument, sofern es nicht explizit anders angegeben wird:

Ziele und Geltungsbereich: Die vorrangige Absicht des vorliegenden Regulierungsvorschlags ist es, die Risiken, die mit KI einhergehen, einzudämmen. Das Ziel sei

[60] https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12527-Artificial-intelligence-ethical-and-legal-requirements_de

eine vertrauenswürdige KI („development of an ecosystem of trust by proposing a legal framework for trustworthy AI", European Commission, 2021b, S. 1). Im Anhang I wird geregelt, was darunter zu verstehen ist: Machine Learning Ansätze werden dort ebenso genannt wie „*statistical approaches*".

Reguliert werden die „provider", was in der deutschsprachigen Version mit „Anbieter" übersetzt wird. Nach Artikel 3 gehören zu den „providern" natürliche oder juristische Personen, die KI-Systeme entwickeln oder auf den Markt bringen.

Zudem enthält der Regulierungsentwurf mit den Reallaboren auch Elemente für eine Innovationsförderung (s. u.).

Risikoklassen: Drei Risikoklassen werden eingeführt: Nicht akzeptables Risiko, hohes Risiko und alle anderen (Art. 5-7 und Anhang III).

Nicht akzeptables Risiko: Systeme mit einem nicht akzeptablen Risiko werden verboten. Dazu gehört das Social Scoring durch staatliche Behörden ebenso wie Systeme, die Personen manipulieren, um sich oder anderen Schaden zuzufügen (Art. 5).

Hochrisiko-Anwendungen: Dies bezieht sich auf Anwendungen, die die Gesundheit, Sicherheit oder die Lebensläufe Einzelner beeinflussen. Beispiele: KI-Anwendungen für Wasser- oder Kraftwerke und Entscheidungen über Kredite oder Jobs. Innerhalb der Hochrisiko-Anwendungen wird zwischen KI-Systemen für Produkte, für die heute schon eine Prüfung auf Konformität durch Dritte notwendig ist (z. B. Spielzeug), und anderen Anwendungen unterschieden (Art. 6 und Anhang III).

Informationspflichten: Automatisierte *Chat-Bots* und *Deepfakes* müssen gekennzeichnet werden, auch wenn diese nicht als hochriskant eingestuft werden (Art. 52).

Vorschriften für Unternehmen: Die Vorschriften sind abhängig von der Risikoklasse, d. h. Anbieter von hochriskanten Anwendungen müssen die folgenden Pflichten erfüllen:

- Aufbau eines Risikomanagementsystems (Art. 9)
- Datenanforderungen (Art. 10)
- Technische Dokumentation und Aufzeichnungspflichten (Art. 11-12)
- Informations- und Transparenzpflichten gegenüber den Nutzern (Art. 13)
- „Human oversight" (Art. 14)
- Einführung eines Qualitätsmanagementsystems (Art. 17)
- Konformitätserklärung (Art. 19). Die Konformitätsbewertungsverfahren werden in vielen Fällen unternehmensintern durchgeführt. Sobald die Sicherheit von Produkten oder biometrische Systeme zur Identifikation betroffen sind, sollen Dritte (Zertifizierer) damit beauftragt werden.
- Den Marktüberwachungsbehörden Zugriff auf Daten, Schnittstellen und ggfs. Quellcode ermöglichen (Art. 64).

Behörden: Die Mitgliedsstaaten schaffen nationale Aufsichtsbehörden, die auch als Marktüberwachungsbehörden fungieren (Art. 59). Zur Beratung und zur Koordination zwischen den Ländern wird ein Europäischer Ausschuss für Künstliche Intelligenz gegründet (Art. 56). Zudem wird eine Datenbank für Hochrisiko-Systeme von der EU eingerichtet (Art. 60).

Strafen: Je nach Vergehen sind bis 30 Millionen Euro oder bis zu 6% des weltweiten Jahresumsatzes möglich (Art. 71).

Innovationen: Mit Reallaboren („*Regulatory Sandbox*“*)* soll, unter behördlicher Aufsicht, die Entwicklung von KI-Systemen erleichtert werden (Art. 52).

3.3 Regulierungsgrundsätze

Der Regulierungsvorschlag umfasst 85 Artikel zuzüglich Anhänge und schafft einen Regulierungsrahmen für KI als Querschnittstechnologie. Der Entwurf der EU-Kommission lässt sich durch die drei folgenden Regulierungsgrundsätze charakterisieren:

- Die Einteilung in Risikoklassen.
- Die überwiegende Eigenverantwortung der Unternehmen für Dokumentation, Qualitätsmanagement, Information und Kontrolle in Kombination mit ausgeprägten behördlichen Rechten für ein ex Post-Monitoring. Ausgenommen sind die Produkte, für die eine Konformitätserklärung durch Dritte notwendig ist.
- Der Aufbau von neuen öffentlichen Institutionen in Verbindung mit Strafandrohungen bei Verstößen, um die Regulierung zu koordinieren und durchzusetzen.

Im folgenden Kapitel steht die Einordnung der Lösungsansätze für die zuvor genannten KI-Probleme im Fokus. Im Anschluss erfolgt eine zusammenfassende Bewertung.

4 Ökonomische Einordnung der Lösungsansätze

4.1 Überblick

Dieses Kapitel greift die in Kapitel 2.3 aufgeführten Risiken auf und verbindet sie mit einer ökonomischen Theorie.

KI-Risiken	**Ökonomische Perspektive**
Programmierfehler	Risikomanagement (Kap. 4.2)
Mangelnde Generalisierbarkeit	
Angriffe durch Dritte	
Verzerrungen (*AI Bias*)	Asymmetrische Information / Prinzipal-Agent-Theorie (Kap. 4.3)
Mangelnde Transparenz (*Black Box*)	
Globaler Wettlauf Forschung & Entwicklung Marktstruktur	Innovations- und Wettbewerbspolitik (Kap. 4.4)
Gefährdung der menschlichen Autonomie	Entscheidungstheorie und Ethik (Kap. 4.5)

Tabelle 2: KI-Probleme und ökonomische Theorie

In den folgenden Kapiteln erfolgt eine kurze Bewertung des Regulierungsvorschlags aus der Perspektive der jeweiligen Theorie.

4.2 Risikomanagement

Im Standardansatz des Risikomanagements ergibt sich die Risikomatrix aus den Kombinationen von Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit. Handlungsbedarf besteht insbesondere bei hoher Eintrittswahrscheinlichkeit und hoher Schadenshöhe. Inwieweit Einzelrisiken, für die keine explizite Verteilungsfunktion bekannt ist, zu einem Gesamtrisiko aggregiert werden können, ist umstritten (Bao et al., 2019).

Im Kontext von KI-Anwendungen hängt die Eintrittswahrscheinlichkeit von Schadensereignissen u. a. von der Expertise des Entwicklers, dem Umfang der Qualitätssicherung, dem Umfang und der Qualität der Daten sowie der Nutzungsart ab. Live-Systeme, die während der Nutzung das Modell weiter trainieren, sind anfälliger für Fehlentwicklungen als abgeschottete Systeme, die in der Vergangenheit trainiert wurden und nur auf der Basis fester Gewichte eingesetzt werden.

Die Risikohöhe wird von dem konkreten Einsatzgebiet der KI-Anwendung bestimmt. Fehler in Infrastruktur- und Versorgungsunternehmen können schwerwiegendere Schadensfälle auslösen als eine KI-Anwendung im Bereich der unternehmerischen oder privaten Dienstleistungen.

Im Regulierungsvorschlag der EU (European Commission, 2021b) werden Risikoklassen gebildet, aber abweichend von dem Standardabsatz des Risikomanagements nicht nach Risikohöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit differenziert. Dies führt zu einer Einstufung als „high risk“ für den Einsatz von KI in einem Wasserwerk ebenso wie für die Vorausauswahl im Bewerbungsprozess. Da sich die Risikoprofile bezüglich Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe aber unterscheiden, sollten sie auch unterschiedlichen Maßnahmen zur Risikovorbeugung unterliegen. Dies gilt ebenso für die Differenzierung zwischen Live- und statischen Systemen.

4.3 Prinzipal-Agent-Theorie

In seiner berühmten Veröffentlichung „*Markets for Lemons*“ schreibt George Akerlof: „*the difficulty of distinguishing good quality from bad is inherent in the business world*“ (Akerlof, 1970, S. 500). Dieses Zitat bezieht sich auf die zentrale Rolle von Produkteigenschaften. Nach dem Beispiel von Akerlof sei die Qualität von Gebrauchtwagen nicht unmittelbar von außen zu erkennen, da asymmetrische Informationen vorliegen. Dies ist ein Standardbeispiel aus der Prinzipal-Agent-Theorie.

Krafft et al. (2020) übertragen die Prinzipal-Agent-Theorie auf *Algorithmic Decision Making*. Bei den Agenten, die die Entwickler oder Betreiber von ADM-Systemen sowie die ADM-Systeme selbst sein können, bleiben Absichten, Systemeigenschaften, Wissen, Informationen oder die Entscheidungsprozesse selbst (*Black Box*) im Dunkeln. Die Erwartungen der Prinzipale, die sie als Nutzer an die Systeme haben, werden bei asymmetrischen Informationen möglicherweise enttäuscht oder sie werden Opfer von diskriminierenden Entscheidungen (Krafft et al., 2020).

Typische Maßnahmen bei asymmetrischer Information sind Signalling und Screening (Riley, 2001), d. h. eine Offenlegung der verborgenen Informationen. Im Zusammenhang mit ADM-Systemen weisen Cowgill & Tucker (2019) auf das Problem hin, dass eine vollständige Transparenz über die Entscheidungsparameter, die Entscheidungsqualität negativ beeinflussen könnten. Dies könnte beispielsweise der Fall sein, wenn Bewerber vorab die Parameter eines Vorauswahltools für die Stellenbesetzung kennen.

Wischmeyer sieht vor allem den Staat in der Verantwortung, um die *Black Box* „zu öffnen“. Er solle sich an Expertennetzwerken beteiligen, spezialisierte Agenturen gründen, Standardisierungsprozesse sowie den Rahmen für Zertifizierung und Auditing setzen (Wischmeyer, 2020).

Krafft et al. (2020) unterscheiden dagegen die Anwendungen danach, ob es auf die Ergebnisse, die Ziele oder die Prozesse ankommt oder dem Markt die Verantwortung für die Evaluation des ADM-Systems überlassen werden kann. Der letzte Fall wäre beispielsweise bei Modeempfehlungen gegeben. Dabei verursachen Empfehlungen,

die nicht mit den Vorlieben der Kundinnen oder Kunden kongruent sind, keine Schäden an Leib oder Seele und die verärgerten Nutzer können, Wettbewerb vorausgesetzt, einen anderen Anbieter auswählen. Die anderen Stufen werden danach unterschieden, welchen individuellen Schaden die Fehlentscheidungen anrichten. Bei medizinischen Diagnosen sollte ein umfassender Audit des ADM-Systems erstellt werden. Bei der Vorauswahl von Bewerbungen würde es reichen, nur die Eigenschaften des Systems zu testen, ohne die „*Black Box vollständig auszuleuchten*“ (Krafft et al., 2020, S. 13).

In dem Regulierungsvorschlag der EU werden die Vorschläge aus der ökonomischen Theorie teilweise ausgegriffen. Ein *Screening* wird für Hochrisiko-Anwendungen vorgeschrieben. Dies geschieht durch die Datenbank für Hochrisiko-Anwendungen und die Konformitätserklärungen. Ein *Signalling* muss für automatisierte Chat-Bots und Deepfakes stattfinden.

Nach dem Regulierungsvorschlag unterliegen KI-Systeme für Infrastruktur und für Anwendungen, die mit Entscheidungen über Kreditvergaben oder Stellenbesetzungen persönliche Lebenswege beeinflussen, denselben Regulierungsvorschriften. Dabei wird außer Acht gelassen, dass bei Infrastrukturanwendungen der Prinzipal im Sinne der Prinzipal-Agent-Theorie die Gesellschaft darstellt, während es sich bei der zweiten Gruppe von Anwendungen um Nutzerinnen und Nutzer handelt. Anstatt diese durch Testfunktionen, Datenspenden, Berichtsportalen o. ä. aktiv mit als Prinzipale einzubeziehen, verbleiben die Dokumentations-, Qualitätsmanagement-, Kontrollpflichten sowie Monitoringrechte bei Unternehmen und Behörden. Zudem ist es aus Sicht des Risikomangements nicht sachgerecht, beide Arten von Anwendungen zu einer Risikogruppe zusammenzufassen (s. o.).

4.4 Innovations- und Wettbewerbspolitik

Innovationen und Marktstruktur stehen in einem interdependenten Verhältnis. Innovationen können über Patente zu zeitweisen Monopolrenten führen. Andererseits entstehen bei intensivem Wettbewerb und ähnlicher Produktionstechnologie Innovationsanreize, um der Tendenz zu Nullgewinnen zu entkommen („*escape-competition-effect*“). Sobald die Technologie in einer Branche unausgewogen ist und es zum Beispiel einen Technologieführer gibt, wird stärkerer Wettbewerb auf der Produktebene zu geringeren Innovationsanreizen bei den Nachzüglern führen (*„Schumpeter-Effekt“*). Aghion et al. (2005) setzen den „*escape-competition*“- und den *„Schumpeter-Effekt“* so in eine Beziehung zueinander, dass sich zwischen Innovationen und Wettbewerbsintensität die Form eines nach unten geöffneten „U‘s“ ergibt.

Der Markt der Künstlichen Intelligenz besteht aus mehreren Ebenen:

- KI-Programmbibliotheken wie Tensorflow und Pytorch werden als Open-Source-Software von den Technologieführern Google und Facebook (Meta) entwickelt und zur Verfügung gestellt (Vogelsang, 2021).
- Rechnerkapazität kann über Cloud-Dienste gebucht werden. Häufig eingesetzte Dienste sind beispielsweise AWS (Amazon) und Azure (Microsoft), die zudem KI-Anwendungen anbieten.
- Die konkreten Software-Entwicklungen, Datenaufbereitungen und Implementierungen werden oft von mittelständischen Unternehmen angeboten, die häufig ebenfalls die KI-Programmbibliotheken und Cloud-Dienste der Marktführer einsetzen.

Damit gibt es unterschiedliche Teilmärkte, die durch Wissens-Spillover-Effekte miteinander verbunden sind. Ergänzend kommt es in den einzelnen Teilmärkten zu learning-by-doing Effekten, die sich auf den Code der Algorithmen ebenso wie auf vortrainierte Modelle beziehen. Die Markteintrittsbarrieren auf der Ebene der konkreten Software-Entwicklung sind also gering, auf den anderen beiden Teilmärkten dagegen eher als hoch einzuschätzen. Der Wettbewerb auf der Ebene der konkreten Software-Entwicklung sorgt zudem für eine Vielfalt in Bezug auf die eingesetzten Methoden.

Mit dem EU-Regulierungsvorschlag kommen erhöhte Compliance-Kosten auf die Anbieter und Entwickler von KI-Anwendungen zu. Compliance-Kosten verringern den Anreiz für kleine Unternehmen, in einen Markt neu einzutreten, wie in dem Zusammenhang mit Datenschutzregeln bereits gezeigt wurde (Campbell et al., 2015; Johnson & Shriver, 2020).

In einer Begleitstudie, die im Auftrag der EU-Kommission zum Regulierungsvorschlag verfasst wurde, werden die Auswirkungen auf die Marktstruktur offen angesprochen: „*A substantial volume of costs would stem from setting up internal QMS for companies, particularly SMEs. As the proposed regulation may reach all industries, many firms in lightly regulated industries might need to invest in a substantial one-off cost for market entry, effectively setting up an entry barrier and dampening market competition*“ (European Commission, 2021c).

Damit verringert sich ebenfalls der „competition-escape“ Effekt. Zudem verändert sich der Fokus in den Unternehmen, wenn die Erfüllung von Regulierungsauflagen an Bedeutung zunimmt. Die Monitoring-Rechte der Behörden sind weitgehend wie zum Beispiel der Zugriff auf die Trainings-, Validierungs- und Testdaten und ggfs. den Quellcode. Das Innovationstempo wird ggfs. verlangsamt und der Abstand zu den Branchenführern vergrößert sich, so dass auch auf dieser Seite weniger Innovationsanreize entstehen („Schumpeter-Effekt“). Auf der anderen Seite wird versucht, mit KI-Reallaboren („*Regulatory Sandboxes*“*)* die Innovationstätigkeit zu unterstüt-

zen (s. o.). In den Reallaboren dürfen unter behördlicher Aufsicht und unter bestimmten Bedingungen KI-Systeme auch mit personenbezogenen Daten entwickelt werden, die für andere Zwecke erhoben wurden. Später müssen die verwendeten Daten wieder gelöscht werden. Ob die Unternehmen die KI-Reallabore nutzen oder versuchen werden, die behördliche Aufsicht durch die Verlagerung von Entwicklungsaktivitäten in andere Länder zu umgehen, ist dabei eine offene Frage.

Im Ergebnis dieser Effekte wird sich die nach unten offene U-Kurve im Sinne von Aghion et al. (2005) durch den EU-Regulierungsvorschlag nach unten verschieben. Das bedeutet, zu jeder Marktstruktur wird es geringere Innovationsanreize geben.

Die EU-Kommission hält dem entgegen, dass Vertrauen („trustworthyness“) in KI die Nachfrage nach KI-Systemen befördern würde. Zudem könnten sich europäische Entwickler auf vertrauenswürdige KI-Systeme spezialisieren, was ihnen global einen Wettbewerbsvorteil einbringen würde (European Commission, 2021a). Zudem besitzt der internationale KI-Wettbewerb auch eine militärische Komponente (Horowitz, 2018).

Peukert et al. (2022) haben in Bezug auf die Datenschutzgrundverordnung festgestellt, dass sich auch Anbieter außerhalb der EU an die Regeln angepasst hätten. Sie beschreiben dies als extraterritoriale Reichweite der Regulierung. Aber sie stellen auch fest, dass Google nach der Einführung der Datenschutzgrundverordnung seinen Marktanteil im Bereich der Webtechnologien ausgebaut hatte.

Ein ähnliches Regulierungsergebnis, dass „trustworthy AI“ zu einem wichtigen Trend bei Unternehmensstrategie und -marketing wird und gleichzeitig der Markt der Entwickler konzentrierter wird, ist auch bei der Umsetzung des vorliegenden EU-Regulierungsvorschlags zur KI nicht auszuschließen.

4.5 Entscheidungstheorie und Ethik

Wiederholte menschliche Entscheidungen folgen einem bestimmten Schema:

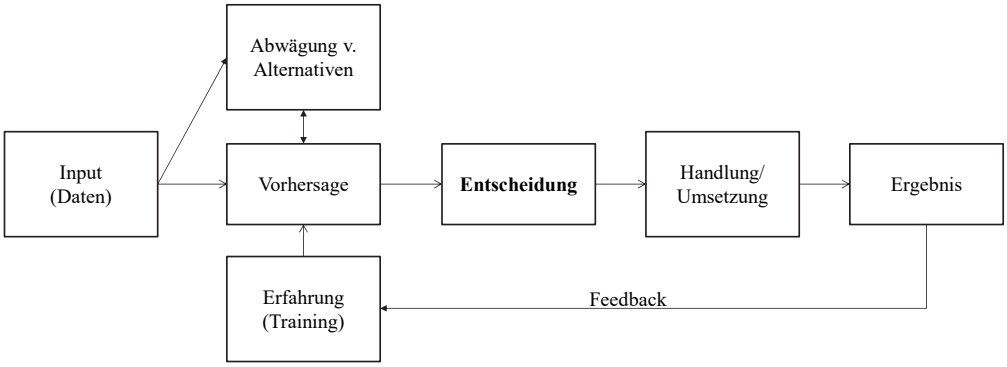


Abbildung 1: Anatomie einer Entscheidung

Darstellung auf Basis von Agrawal et al. (2018, S. 75), übersetzt und ergänzt

Grundsätzlich kann eine KI alle Entscheidungen berechnen, die nicht einer begrenzten (bounded) Rationalität (s. o.) unterliegen. Das Training eines künstlichen neuronalen Netzes ähnelt dem in der Abbildung gezeigten Schema einer menschlichen Entscheidung: Handlung/Umsetzung werden durch eine Verlustfunktion ersetzt, die im Ergebnis minimiert werden soll.

Der Vorteil einer KI-basierten Entscheidung liegt in ihrer strengen Rationalität, d. h. der Entscheidungsablauf per se ist, im Gegensatz zum Menschen, frei von psychologischen Einflüssen. Die angesprochenen Probleme (AI Bias, s. o.) liegen auf der Ebene der Daten und der Formulierung des Ziels, d. h. konkret der Verlustfunktion, die für die Abwägung von Alternativen benötigt wird.

Die Dokumentations- und Kontrollpflichten, die der EU-Regulierungsvorschlag für hochriskante Anwendungen vorsieht (s. o.), werden böswillige Programmierer (s. Prinzipal-Agent-Problematik) oder kriminelle Dritte allerdings nicht daran hindern, KI-Systeme für ihre eigenen Zwecke zu korrumpieren. Zudem unterscheidet der Regulierungsvorschlag nicht zwischen entkoppelten Systemen, bei denen der Trainingsprozess bereits beendet wurde und nur das Modell mit feststehenden Gewichten weiterverwendet wird, und lernenden Systemen, die kontinuierlich auf neue Daten zugreifen. Ebenso wird nicht unterschieden, ob die KI-Anwendungen selbständig Entscheidungen treffen oder zur Vorbereitung von Entscheidungen durch Menschen eingesetzt werden sollen. Die genannten Ansätze unterscheiden sich grundlegend in ihren Risikoprofilen, welche im Regulierungsvorschlag nicht abgebildet werden.

Der Fall, dass eine Maschine autonom Entscheidungen für Menschen übernimmt, ist aus ethischer Perspektive besonders relevant. Als die wichtigsten ethischen Prinzipien im Zusammenhang mit KI gelten (European Commission, 2019; Floridi & Cowls, 2021):

- Wahrung der menschlichen Autonomie
- Schadensvermeidung („prevention of harm“)
- Fairness
- Erklärbarkeit / Nachvollziehbarkeit („explicability“)

Die Wahrung der menschlichen Autonomie soll im Regulierungsvorschlag durch die Forderung nach „human oversight“ sichergestellt werden. Human oversight bezieht sich dabei auf den Provider, d. h. das KI zur Verfügung stellende Unternehmen muss jederzeit in der Lage sein, die Entscheidungen zu überschreiben oder das KI-System zu stoppen (European Commission, 2021b, Art. 14).

Eine menschliche Kontrolle durch die betroffenen Prinzipale (s. o.) ist in diesem Regulierungsvorschlag nicht vorgesehen. Allerdings billigt schon die Datenschutzgrundverordnung in Art. 22 den Betroffenen bei automatisierten Entscheidungen im

Einzelfall „mindestens das Recht auf Erwirkung des Eingreifens einer Person seitens des Verantwortlichen, auf Darlegung des eigenen Standpunkts und auf Anfechtung der Entscheidung“ zu (Europäische Union, 2018). Es bleibt aber die Frage offen, „ob der menschliche Entscheider nicht regelmäßig ohnehin dem vom KI-System ausgegebenen Ergebnis folgen wird“ (Ballestrem et al., 2020, S. 46). Zudem zweifeln Kaminski und Urban (2021) die Durchsetzbarkeit dieser Regel an[61].

Ohnehin spielen bei vielen KI Regulierungs- und Ethikvorschlägen die Betroffenen („wider stakeholders“) nur eine untergeordnete Rolle (Ayling und Champman, 2021). Noch weitreichender ist der Vorwurf, dass die ethische Debatte vielfach nur die Rolle eines Feigenblattes übernimmt.[62]

5 Bewertung

Methoden der Künstlichen Intelligenz verbinden Skalierung und Individualisierung. Ohne risikoadjustierten Preisen kann dies zu einer Übernutzung der Technologie über das wohlfahrtsoptimale Maß hinaus oder, umgangssprachlich formuliert, zu einer Sorglosigkeit im Umgang führen. Daher ist der Eingriff eines Regulierers aus mikroökonomischer Theorie angezeigt.

Mit dem vorgelegten Regulierungsvorschlag (European Commission, 2021b) wird der Versuch unternommen, die Querschnittstechnologie KI zu regulieren. Eine Bewertung aus Sicht der ökonomischen Theorie erfolgt anhand der drei Kriterien der Klarheit, Ziele und Effizienz der Maßnahmen.

Klarheit: Eine sich schnell verändernde Querschnittstechnologie bringt Abgrenzungsprobleme mit sich, welches bei der Spezifizierung der Methoden, die unter die

[61] “Failing to clarify a substantive basis for contestation potentially allows self-interested decision-makers to defang the right, making it useless in practice.“ (Kaminski und Urban, 2021, S. 2032)

[62] “Deviations from the various codes of ethics have no consequences. And in cases where ethics is integrated into institutions, it mainly serves as a marketing strategy. Furthermore, empirical experiments show that reading ethics guidelines has no significant influence on the decision-making of software developers. In practice, AI ethics is often considered as extraneous, as surplus or some kind of “add-on” to technical concerns, as unbinding framework that is imposed from institutions “outside” of the technical community.” (Hagendorff, 2020, S. 113)

“Regulation of any kind is strenuously opposed in the Valley” (Russell, 2019, S. 252)

„Nehmt der Industrie die Ethik weg!” Überschrift eines Beitrags von Thomas Metzinger, Professor für theoretische Philosophie an der Universität Mainz, in dem er “ethics washing” thematisiert und als Mitglied über die Vorgänge in der oben zitierten Expertenkommission der EU-Kommission zu “Trustworthy AI” berichtet. www.tagesspiegel.de vom 8. April 2019.

Regulierung fallen sollen, deutlich wird. Zudem bleibt unklar, ob das entwickelnde, das anwendende oder das zur Verfügung stellende Unternehmen (oder alle) für die Einhaltung der Regulierungsvorschriften verantwortlich ist.

Zielsetzung: Im Vordergrund steht die Eindämmung von Risiken, aber mit den Reallaboren enthält der Regulierungsvorschlag auch ein Element der Innovationsförderung.

Effizienz der Maßnahmen: Die Kombination aus eigenverantwortlich von den Unternehmen einzuhaltende Pflichten mit behördlichen ex-post Kontrollrechten und Strafen ist ein effizientes Regulierungsdesign. Die zusätzlichen Informationspflichten für Anwendungen, wie Chat Bots oder Deepfakes, entsprechen den Empfehlungen aus der Prinzipal-Agent-Theorie.

Die in Kapitel 4 genannte Kritik bezieht sich auf die Zusammenfassung von Risiken mit unterschiedlichen Charakteristiken (Kap. 4.2), die Nicht-Berücksichtigung von Prinzipalen (Kap. 4.3 und 4.5) und die negative Beeinflussung der Wettbewerbsintensität (Kap. 4.3). Tendenziell haben größere Unternehmen in Zukunft nicht nur die Vorteile, dass sich Anwendungen über eine größere Kundenzahl besser skalieren lassen und der größere Datenschatz die Qualität der KI-Modelle verbessert, sondern auch, dass für sie die Regulierungskosten leichter zu tragen sind. Die Durchschnittskosten erhöhen sich bei ihnen durch zusätzliche Compliance-Maßnahmen weniger stark als bei kleinen Unternehmen.

Das übergeordnete und langfristige Ziel der KI-Regulierung ist es, die Autonomie der Menschen zu bewahren. „Human oversight“ wird in dem vorliegenden Regulierungsvorschlag nur gefordert, um auf Seiten der Betreiber KI-Anwendungen zu überwachen. Es fehlt für Anwendungen die Festlegung eines „Human Veto“ auf Seiten der Nutzer, d. h. das einklagbare Recht der Nutzerinnen und Nutzer, eine automatisiert getroffene Entscheidung durch einen Menschen überprüfen zu lassen. Dabei sind diese die Prinzipale, deren Wohlfahrt durch asymmetrische Informationen negativ beeinflusst werden könnten. Die menschliche Autonomie wird nicht bereits dadurch gewahrt, dass Dokumentations-, Informations- und Kontrollmaßnahmen eingeführt werden.

6 Zusammenfassung

Künstliche Intelligenz verbessert die Produktivität und Qualität, senkt die Kosten und erhöht die Flexibilität von Unternehmen. Neben den Vorteilen aus unternehmerischer Sicht können die Methoden der KI mit neuen Problemen und Gefahren einhergehen. Dies können Programmierfehler ebenso wie Verzerrungen bei automatisierten Entscheidungen betreffen.

Um mögliche Risiken abzuwenden, hat die EU-Kommission im April 2021 einen Regulierungsvorschlag für die Querschnittstechnologie KI vorgestellt. In diesem Beitrag werden die Prinzipal-Agent-Theorie, das Risikomanagement, die Innovations- und Wettbewerbspolitik sowie die Entscheidungstheorie und Ethik auf KI bezogen. Die sich daraus ergebenden Empfehlungen werden mit dem Regulierungsvorschlag verglichen und aus Sicht der ökonomischen Theorie bewertet.

Dabei lässt sich die Sinnhaftigkeit einzelner Bausteine des Regulierungsvorschlags aus der Theorie bestätigen. Kritisch sind insbesondere die grobe Einteilung in Risikoklassen, die Wettbewerbswirkungen und die Vernachlässigung der Nutzerinnen und Nutzer als Prinzipale zu werten. Das oberste Ziel, langfristig die menschliche Autonomie zu wahren, wird mit dem vorliegenden Regulierungsvorschlag vermutlich nicht erreicht werden.

7 Literaturverzeichnis

Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R. & Howitt, P. (2005): Competition and Innovation: An inverted-U relationship. In: Quarterly Journal of Economics. Vol. 120 (2), S. 701–728.

Agrawal, A., Gans, J. & Goldfarb, A. (2018): Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence, Harvard Business Review Press, Boston, Massachusetts.

Agrawal, A., Gans, J. & Goldfarb, A. (2019): Economic Policy for Artificial Intelligence. In: Innovation Policy and the Economy. Vol. 19, S. 139–159.

Akerlof, G. A. (1970): The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism. In: Quarterly Journal of Economics. Vol. 84 (3), S. 488–500.

Ayling, J. & Champman, A. (2021): Putting AI Ethics to work: are the Tools fit for Purpose?. In: AI and Ethics. Abgerufen am 10.04.2022 von https://doi.org/10.1007/s43681-021-00084-x.

Ballestrem, J. Graf, Bär, U., Gausling, T., Hack, S. & von Oelffen, S. (2020): Künstliche Intelligenz: Rechtsgrundlagen und Strategien in der Praxis, Springer Gabler, Wiesbaden.

Bao, C., Wan, J., Wu, D. & Li, J. (2019): Aggregating Risk Matrices under a Normative Framework. In: Journal of Risk Research. Vol. 24 (8), S. 1–17.

Bejani, M. M. & Ghatee, M. (2021): A systematic review on Overfitting Control in shallow and deep Neural Networks. In: Artificial Intelligence Review, S. 1–48.

Campbell, J., Goldfarb, A. & Tucker, C. (2015): Privacy Regulation and Market Structure. In: Journal of Economics & Management Strategy. Vol. 24 (1), S. 47–73.

Cowgill, B. & Tucker, C. (2019): Economics, Fairness and Algorithmic Bias [Online], NBER Konferenzbeitrag. Abgerufen von https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3361280.

Datenethikkommission (2019): Gutachten der Datenethikkommission [Online], Berlin, Datenethikkommission der Bundesregierung. Abgerufen am 10.04.2022 von https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/it-digitalpolitik/gutachten-datenethikkommission.pdf.

Europäische Union (2018): Datenschutz-Grundverordnung DSGVO. Abgerufen am 10.04.2022 von https://dejure.org/gesetze/DSGVO/22.html.

European Commission (2019): Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Abgerufen am 10.04.2022 von https://data.europa.eu/doi/10.2759/177365.

European Commission (2021a): Communication: Fostering a European approach to Artificial Intelligence. Abgerufen am 10.04.2022 von https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM:2021:205:FIN.

European Commission (2021b): Proposal for a Regulation on the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act). Abgerufen am 10.04.2022 von https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0206.

European Commission (2021c): Study to Support an Impact Assessment of Regulatory Requirements for Artificial Intelligence in Europe - Final Report. Abgerufen am 10.04.2022 von https://op.europa.eu/.

Floridi, L. & Cowls, J. (2021): A Unified Framework of Five Principles for AI in Society, in Floridi, L. (Hrsg.), Ethics, Governance, and Policies in Artificial Intelligence, Cham, Springer International Publishing, S. 5–17.

Gigerenzer, G. (2001): The adaptive toolbox, in Bounded rationality: The adaptive toolbox; Report of the 84th Dahlem Workshop on Bounded Rationality: the Adaptive Toolbox, Berlin, 14-19.03.1999, Cambridge, Mass., MIT Press.

Hagendorff, T. (2020): The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines. In: Minds and Machines. Vol. 30, S. 99–120.

Horowitz, M. C. (2018): Artificial Intelligence, International Competition, and the Balance of Power. In: Texas National Security Review. Vol 1 (3), S. 37–57.

Johnson, G. & Shriver, S. (2020): Privacy & Market Concentration: Intended & Unintended Consequences of the GDPR, Marketing Sciences Institute. Abgerufen am 10.04.2022 von https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3477686.

Kaminski, M. E. & Urban, J. M. (2021): The Right to Contest AI. In: Columbia Law Review. Vol. 121 (7), S. 1957–2047.

Krafft, T. D., Zweig, K. A. & König, P. D. (2020): How to Regulate Algorithmic Decision-Making. In: Regulation & Governance (2022) (16), S. 119–136.

Lane, M. (2021): The impact of Artificial Intelligence on the labour market: What do we know so far?, OECD Publishing, Paris.

Martini, M. (2019): Blackbox Algorithmus – Grundfragen einer Regulierung Künstlicher Intelligenz, Springer, Berlin Heidelberg.

Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K. & Galstyan, A. (2022): A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning. Abgerufen am 10.04.2022 von https://arxiv.org/pdf/1908.09635.pdf.

Nordhaus, W. D. (2021): Are we approaching an Economic Singularity?: Information Technology and the Future of Economic Growth. In: American Economic Journal/Macroeconomics. Vol. 13 (1), S. 229–332.

Peukert, C.; Bechtold, St.; Batikas, M.; Kretschmer, T. (2022): Regulatory Spillovers and Data Governance: Evidence from the GDPR. In: Marketing Science. Abgerufen am 10.04.2022 von https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/mksc.2021.1339.

Rambachan, A., Kleinberg, J., Mullainathan, S. & Ludwig, J. (2021): An Econom-ic Approach to Regulating Algorithms, NBER Working Paper Series, No. 27111.

Riley, J. G. (2001): Silver Signals: Twenty-five years of Screening and Signaling. In: Journal of Economic Literature. Vol. 49, S. 432–478.

Russell, S. (2019): Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control, Viking.

Sundar, S. S. & Kim, J. (2019): Machine Heuristic: When We Trust Computers More than Humans with Our Personal Information. Abgerufen am 10.04.2022 von https://doi.org/10.1145/3290605.3300768.

Turing, A. M. (1950 - Neuauflage 2021): Computing Machinery and Intelligence / Können Maschinen denken? (Englisch/Deutsch): Great Papers Philosophie, Reclam Verlag, Ditzingen.

Vogelsang, M. (2021): Datenskaleneffekte und Künstliche Intelligenz: Ein ökonomischer Blick auf die KI-Bibliotheken Tensorflow von Google und Pytorch von Facebook. In Budzinski, O., Haucap, J., Stöhr, A. & Wentzel, D. (Hrsg.), Zur Ökonomik von Sport, Entertainment und Medien, Berlin, De Gruyter Oldenbourg, 2021, S. 295–316.

Wischmeyer, T. (2020): Artificial Intelligence and Transparency: Opening the Black Box. In Wischmeyer, T. & Rademacher, T. (Hrsg.), Regulating artificial intelligence, Cham, Switzerland, Springer, S. 75–100.

Über die Bedürfnisse innovationsaffiner Konsumenten bzgl. E-Mobilität in Deutschland

Christian Lucas

IU Internationale Hochschule, christian.lucas@iu.org

1 E-Mobilität als disruptive Innovation 332

2 Diffusion von Innovationen 333

3 Zulassungszahlen von E-Autos in Deutschland 336

4 Ergebnisse des IU Mobility Kompass 2021 337

5 Handlungsempfehlungen und Ausblick 339

6 Literaturverzeichnis 341

Abstract:

Die Elektromobilität in Deutschland hat im letzten Jahrzehnt stark an Bedeutung gewonnen. Teslas Einführung des Model S im Jahr 2012 in Kombination mit einer strengeren EU-Regulierung bezüglich des CO2-Ausstoßes von Automobilen beflügelte die Entwicklung einer Technologie, die sich als disruptiv erweist. Der vorliegende Beitrag geht der Frage nach, wie sich die Absatzsatzzahlen disruptiver Technologien typischerweise entwickeln und analysiert dessen Durchdringung am Beispiel der Elektromobilität in Deutschland. Zielkunden werden dafür in drei verschiedene Bedarfsgruppen unterschieden: (1) Innovationsaffine, (2) Breite Masse, und (3) Nachzügler. Ergebnisse einer deutschlandweiten Umfrage unter Studierenden des Jahrgangs 2020 (n=4056) zeigen, dass die Wahrnehmung der Elektromobilitätstechnologie bei den Befragten grundsätzlich positiv ist, sich jedoch signifikant zwischen den Gruppen unterscheidet. Eine eingehendere Untersuchung und Unterscheidung der spezifischen Bedürfnisse und Erwartungen der verschiedenen Gruppen kann also helfen, den sogenannten Abgrund (‚Chasm') zu überwinden (vgl. Moore, 2014). Dieser Artikel leistet einen Beitrag zum Verständnis aktueller Entwicklungen beim Absatz von Elektroautos.

JEL Classification: L62, M30

Keywords: Elektromobilität, Automobilbranche, Disruptive Innovationen, Diffusion von Innovation, Kundensegmentierung, Innovationsmanagement.

1 E-Mobilität als disruptive Innovation

„Now, *here*, you see, it takes all the running *you* can do, to keep in the same place. If you want to get somewhere else, you must run at least twice as fast as that!" sagt die Rote Königin zu Alice in Lewis Carroll's *Through the Looking-Glass* (Carroll, 1872).

Innovation wird häufig als ein höher, schneller, weiter verstanden. Tidd und Bessant (2021, S. 1) stellen heraus, dass Innovationen eine Verpflichtung für große und kleine Unternehmen jeglicher Art sind und sich die Wichtigkeit auch deutlich in vielen Mission Statements und Strategiepapieren der Unternehmen finden lässt. Allerdings geht es nicht immer nur um höhere Technologie (vgl. ebenda S. 4ff.), oder aber Produkte und Dienstleistungen (vgl. ebenda S. 7ff.), sondern im Besonderen um den *Prozess*, eine neue Idee/eine Veränderung im Markt zu etablieren und zu managen, um daraus *Wert* zu generieren (vgl. ebenda S. 19). Diese neuen Ideen oder Veränderungen können sowohl Produkte und Dienstleistungen betreffen, allerdings auch Prozesse, wie Dinge hergestellt oder bereitgestellt werden, Positionierungen, oder auch Paradigmen (vgl. ebenda S. 24). Grundsätzlich bedeuten Veränderungen immer Unsicherheit für Unternehmen, die sie managen müssen.

Die Automobilindustrie befindet sich aktuell in besonders unsicheren Zeiten, in denen viele verschiedene Veränderungen anstehen, wie beispielsweise bzgl.

- der Einstellung von Individuen zum Besitz eines Autos,
- den gesellschaftlichen Bedenken zum weltweiten Klimawandel,
- regulatorischen Einschränkungen zu Emissionen und Energieverbrauch,
- dem Eintreten neuer Wettbewerber in den Markt,
- sowie den Veränderungen die die Digitalisierung der Gesellschaft sowie der Technologie mit sich bringt.

Diese müssen genau beobachtet und im Management bedacht werden.

Disruptive technische Innovationen zeichnen sich nach Christensen et al. (2013, S. 26ff. & 41) nun dadurch aus, dass sie, im Gegensatz zu evolutionären Innovationen, zunächst:

- deutliche Leistungsnachteile bei etablierten Kriterien bedeuten,
- allerdings bzgl. neuer Kriterien durchaus Vorteile bieten.

So sind sie anfangs nur für eine kleine Randgruppe interessant und damit der Markt zunächst unklar. Für etablierte Unternehmen, die ihrerseits sehr passende Produkte und Dienstleistungen auf Basis der etablierten Kriterien im Kernmarkt absetzten, ist die disruptive technische Innovation damit zunächst uninteressant. Allerdings führen schnelle technische Verbesserungen, um die Anforderungen des Kernmarktes zu erfüllen, häufig zum Scheitern der Branchenführer und zur Etablierung der neuen Anbieter des disruptiven Marktes. Beispiele hierfür sind u.a. die Pferdewirtschaft (vs.

Eisenbahn), Segelschiffe (vs. Dampfschiffe), Seilbagger (vs. Hydraulikbagger), die analoge (Film-)Fotographie (vs. Digitalfotographie), oder auch Musikgeschäfte und Videotheken (vs. Streamingdienste).

Abbildung 1 zeigt schematisch, wie sich diese beiden – evolutionäre und disruptive – Innovationen unterscheiden.

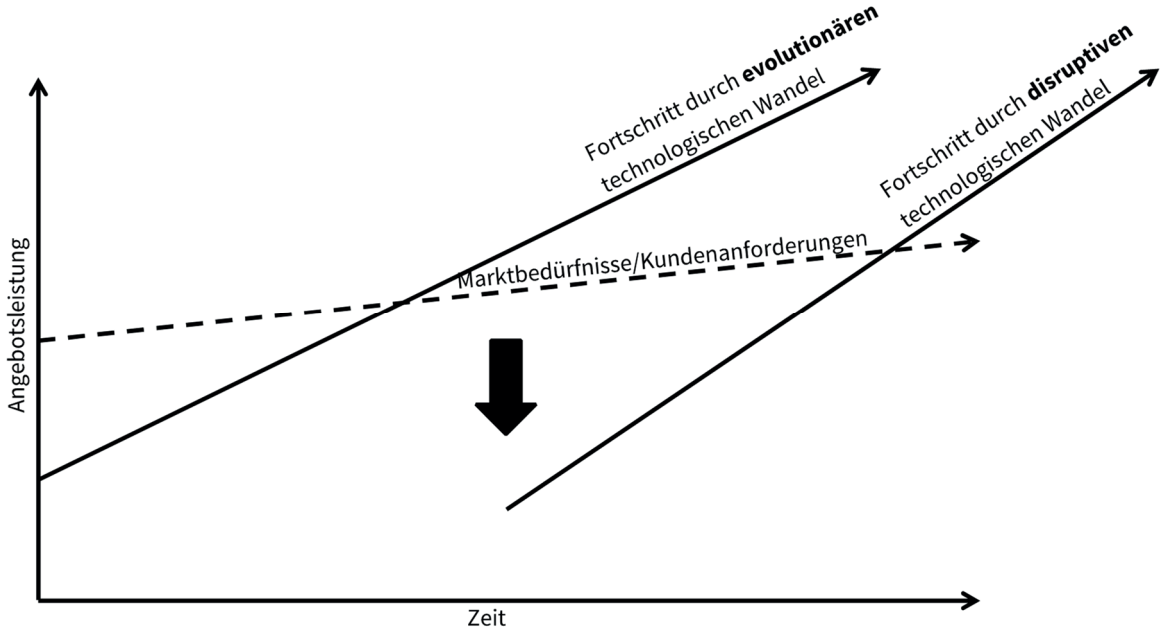


Abbildung 1: Evolutionäre vs. disruptive Innovation
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Christensen et al., 2013, S. 7

In der Automobilindustrie muss man, wenn man dieser Definition folgt, neuere Antriebtechnologien, wie beispielsweise die Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV) oder auch die Plug-In Hybrid Fahrzeuge (PHEV), zu den (radikalen) evolutionären Innovationen zählen, da sie jeweils Leistungsverbesserungen bedeuten, Kundenanforderungen aktueller Kunden befriedigen und der Innovations-Wettbewerb von etablierten Unternehmen angeführt wird. Reine Elektrofahrzeuge allerdings, sogenannte Battery Electric Vehicle (BEV), gelten als disruptive Innovationen und bedrohen damit die etablierten Anbieter im Markt.

2 Diffusion von Innovationen

Ob und wie sich eine neue Technologie im Markt durchsetzt, hängt von unterschiedlichen Faktoren auf der Nachfrager- wie Anbieterseite ab (vgl. auch Tidd und Bessant, 2021, S. 391). Typischerweise geht man bei der Durchdringung innovativer Technologien von einer S-förmigen Kurve aus (vgl. Meade und Islam, 2006, S. 519ff.). Zu Beginn ist die Adoptionsrate noch relativ gering, steigt dann exponentiell an und schwächt sich zu einer asymptotischen Kurve ab, bis der gesamte Markt ab-

gedeckt ist. Rogers (2003, S. 282ff.) unterteilt nachfrageseitig die Konsumenten hinsichtlich Adoptionszeitpunkt, sozioökonomischen Status, Persönlichkeitsmerkmalen und Kommunikationsverhalten in fünf Typen:

- *Innovators* (2,5%),
- *Early Adopters* (13,5%),
- *Early Majority* (34%),
- *Late Majority* (34%),
- *Laggards* (16%).

Diese Konsumententypen verhalten sich nach Moore (2014, S. 12ff.) bei der Adoption neuer Technologien und im Besonderen auch disruptiver Innovationen sehr unterschiedlich und reagieren stark gruppenspezifisch auf die Marketing-Anstrengungen der Unternehmen, so dass eine gezielte Betrachtung der einzelnen Gruppen angeraten ist. Speziell findet Moore (2014, S. 25f.) bei seinen Analysen erfolgreicher und nicht erfolgreicher Innovationen eine tiefe Schlucht (engl. *Chasm*) zwischen den *Early Adopters* und der *Early Majority* in Bezug auf deren Kaufgründe. *Innovators* und *Early Adopters* sind eher Visionäre, die große Veränderungen wollen und sich durch den Erwerb dieser Innovation einen erheblichen Vorteil gegenüber anderen – in Bezug auf Businesskunden: gegenüber dem Wettbewerb – versprechen. Diese Kunden sind bereit, die unvermeidlichen Fehler und Probleme zu ertragen, die mit neuen technischen Innovationen einhergehen (vgl. Moore, 2014, S. 26). Im Falle der Elektromobilität könnten dies Faktoren sein, wie die Reichweite, Ladeinfrastruktur, Haltbarkeit, Wertbeständigkeit, oder auch die Anschaffungskosten. Die *Early Majority* auf der anderen Seite dieser Schlucht hingegen kauft anfangs zwar in gleicher Stückzahl, so dass sie hierdurch nicht zu erkennen ist, allerdings kauft sie aus anderen Gründen – im Falle von Businesskunden: um Produktivitätssteigerungen zu erzielen (vgl. ebenda). Dieser Kundengruppe geht es nicht um eine technische Revolution, sondern um eine Evolution. Dinge sollen besser werden, im Vergleich mit der Vorgängertechnologie. Sie wollen keine Fehler debuggen, sondern ein Produkt, das funktioniert und sich sinnvoll in ihr Leben integrieren lässt (vgl. ebenda).

Beide Gruppen müssten also unterschiedlich angesprochen werden, thematisch wie zeitlich. Auf diese zwei Themen will die vorliegende Arbeit eingehen und unterteilt die Befragten n=4056 IU Studenten des Jahrgangs 2020 mittels einer Clusteranalyse in drei Untergruppen:

- Innovationsaffine (ca. 23%),
- Breite Masse (ca. 52%),
- Nachzügler (ca. 25%),

und konzentriert sich in der weiteren Betrachtung auf die Unterschiede zwischen den Innovationsaffinen und der breiten Masse, dem *Chasm*. Tabelle 1 zeigt beispielhaft

drei der sieben Segmentierungsfragen sowie deren Ausprägungen für die unterschiedlichen Gruppen. Abbildung 2 zeigt die gefundene Verteilung im Vergleich zu den Arbeiten von Rogers (2003, S. 282ff.).

Fragen / Kundengruppen	**Innovations-affine**	**Breite Masse**	**Nachzügler**
Anzahl Befragter	**941 von 4056**	**2091 von 4056**	**1024 von 4056**
Prozentuale Verteilung	**ca. 23%**	**ca. 52%**	**ca. 25%**
Technologische Produkte sind KEIN überflüssiger Schnickschnack.	**88%**	**60%**	**53%**
Ich bin bereit, ein neues, innovatives Produkt in einem höheren Preissegment zu kaufen, wenn ich mich dadurch von meinem sozialen Umfeld abheben kann.	**41%**	**2%**	**1%**
Ich kaufe für mich relevante technische Produkte sofort, nachdem sie auf den Markt gekommen sind (spätestens 1 Woche nach Release).	**28%**	**8%**	**4%**

Angaben: prozentuale Top2Box-Werte („stimme voll und ganz zu“ & „stimme zu“), Basis: 5er Likert Skala.

Tabelle 1: Beispielhafte Segmentierungsfragen sowie deren Auswertung
Quelle: Eigene Darstellung

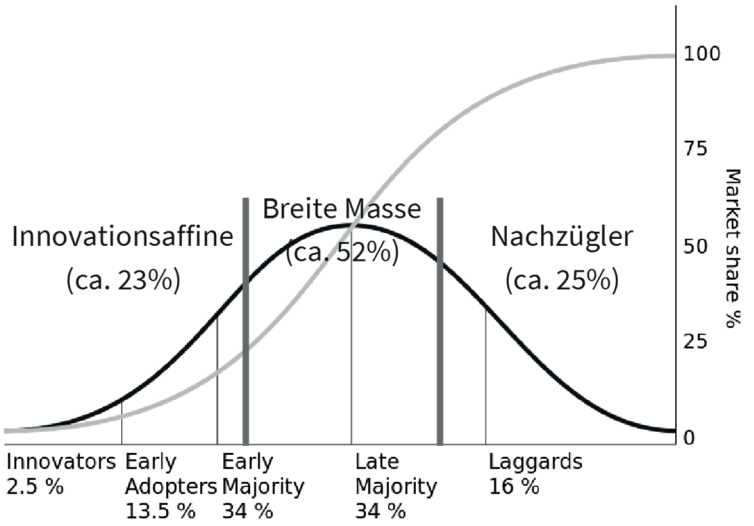


Abbildung 2: Segmentierung der Befragten
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Rogers, 2003, S. 282ff.

Die gruppenspezifischen Ergebnisse bzgl. der Kaufgründe werden in Kapitel 4 vorgestellt und besprochen. Das folgende Kapitel thematisiert die zeitlich unterschiedliche Ansprache der Kundengruppen.

3 Zulassungszahlen von E-Autos in Deutschland

Obwohl es E-Fahrzeuge in Deutschland schon seit vielen Jahren gibt, steigen die Zulassungszahlen erst mit der Markteinführung von Tesla's Model S und BMW's i3 im Jahr 2013 stärker an. Im selben Jahr wurden 6.051 vollelektrische Fahrzeuge (BEV) in Deutschland zugelassen. E-Fahrzeuge, die ab dem 18. Mai 2016 zugelassen wurden und weitere spezifische Merkmale aufwiesen, wurden erstmalig vom Staat durch den sogenannten ‚Umweltbonus' mit bis zu 2000,- Euro gefördert (vgl. BMWi, 2016, S. 2). Die Zulassungszahlen stiegen durch diese und weitere Maßnahmen an und erreichten im Jahr 2017 einen Wert von 25.056 Stück, dies entspricht einer jährlichen Wachstumsrate CAGR (2013,2017) von 42,65%. Mittels der Anpassung des ‚Umweltbonus' im Jahr 2018 und der Ergänzung durch eine ‚Innovationsprämie' im Jahr 2020 wurde die staatliche Förderung für BEV auf bis zu 6000,- Euro pro Fahrzeug erhöht (vgl. BMWi, 2020, S. 4). Die Zulassungszahl der Fahrzeuge erreichte im Jahr 2021 einen Wert von 355.961 Stück, welches einer Wachstumsrate CAGR (2017, 2021) von 94,14% entspricht. Kumuliert wurden seit 2013 ca. 707.000 vollelektrische Fahrzeuge (BEV) in Deutschland zugelassen (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt, 2022).

Um nun den von der neuen Bundesregierung angestrebten Wert von 15 Millionen zugelassenen vollelektrischen Fahrzeugen in Deutschland zu erreichen (vgl. Koalitionsvertrag, 2021, S. 51), wird ein Wachstum CAGR (2020, 2030) von 54,45% benötigt. In Abbildung 3 ist ein solcher Verlauf beispielhaft skizziert.

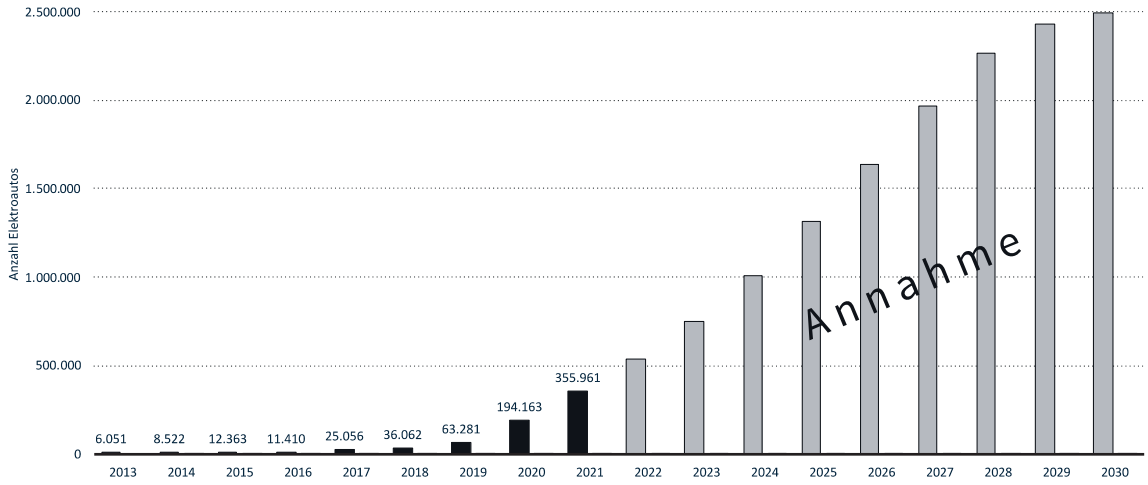


Abbildung 3: Hypothetische Entwicklung der Zulassungszahlen von BEV (2013-2030)
Quelle: Eigene Darstellung

Folgt man dieser Annahme, müssten demnach allein im Jahr 2030 etwa 2,5 Millionen Fahrzeuge zugelassen werden. Vergleicht man diesen hypothetischen Wert mit den 3,6 Millionen in Deutschland zugelassenen PKW im Jahr 2019 (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt, 2020), muss man feststellen, dass dies ein durchaus realistischer Wert ist.

In Deutschland sind Anfang des Jahres 2021 gesamthaft etwa 48,25 Millionen PKW zugelassen (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt, 2021), dies entspricht annäherungsweise dem Marktpotential. Rogers (2003, S. 282ff.) und Moore (2014, S. 25f.) folgend wird die Schlucht (*Chasm*) demnach bei einem Absatz von kumuliert 7,72 Millionen Elektrofahrzeugen erreicht (16% des Marktpotentials). Folgt man den Berechnungen aus Abbildung 3, wird diese Schwelle zum Ende des Jahres 2027 erreicht.[63] Spätestens zu diesem Zeitpunkt muss sich die Ansprache der Kunden thematisch stark ändern.

4 Ergebnisse des IU Mobility Kompass 2021

Um die Erwartungen und Einstellung einer jungen Zielgruppe zu ergründen, die sich in etwa 4-5 Jahren, nach dem Studium, für ein neues Auto entscheiden, wird, sei es, weil sie aus der Stadt aufs Land ziehen, eine Familie gründen, ihr erstes Gehalt einsetzen wollen, oder von ihrem Arbeitgeber einen Dienstwagen gestellt bekommen, wurde eine jährliche Studie, der IU Mobility Kompass, geschaffen. Dieser Kompass befragt regelmäßig, zu Beginn des Sommersemesters, die neuen Studierenden des vorherigen Jahres.

Im vorliegenden Fall wurden im Zeitraum zwischen dem 23. März und 18. April 2021 ca. 35.000 Studierende des Jahrgang 2020 zur Umfrage eingeladen. 4.056 Interviews wurden in diesem Zeitraum erfolgreich mittels einer Online-Erhebung (CAWI[64]) geführt. Dies entspricht einer Rücklaufquote von etwa 11,6%. Unter den studentischen Teilnehmern wurde einmalig ein Entgelt in Höhe von 250,- Euro in bar verlost. Die Studierenden wurden ca. 4 Tage nach der ersten Einladung noch einmal an die Befragung erinnert. Als Umfragetool wurde Unipark von Questback verwendet. Die maximale Anzahl gleichzeitig durchgeführter Interviews war systembedingt auf 100 Teilnehmer begrenzt. Für die hier vorgestellten Ergebnisse wurden die Befragten mittels Clusteranalyse in drei Konsumentengruppen segmentiert (vgl. Kap. 2). Die Präsentation der Ergebnisse konzentriert sich auf die Unterschiede zwischen den „Innovationsaffinen“ und der „breiten Masse“, genau hier wird nach Moore (2014, S. 25f.) der *Chasm* – die Schlucht – vermutet.

[63] Natürlich ist auch ein schnelleres Wachstum denkbar, bspw. wenn eine gewisse Mindestreichweite und/oder Ladeinfrastrukturdichte erreicht wird.

[64] Computer Aided Web Interview

Innovationsaffine sind in erster Linie an den Themen Mobilität und Autos interessiert, im Gegensatz zur breiten Masse ist der Umweltschutz nicht ihr maßgebendes Thema (siehe Tabelle 2). Bei dieser Kundengruppe sind also vorrangig die technischen Details wichtig. Für die breite Masse hingegen scheinen für einen Großteil der Befragten Autos (noch) keine Rolle zu spielen, sie haben mit ihrer Lebenswirklichkeit nicht viel zu tun. Autos und speziell E-Autos müssen in erster Linie innovativ und erfolgreich sein, um für Innovationsaffine zum favorisierten Modell zu werden, die Umweltfreundlichkeit kommt erst mit größerem Abstand auf dem dritten Rang (vgl. Tabelle 3). Dieses Bild dreht sich bei der breiten Masse, speziell für E-Klein- und Kompaktwagen, um: hier werden in erster Linie Attribute wie umweltfreundlich und sinnvoll gefordert.

	Innovationsaffine	**Breite Masse**
Interesse an Mobilität	**73,5%**	65,7%
Interesse an Autos	57,6%	36,4%
Interesse an Umweltschutz im Verkehr	56,2%	**67,1%**
Interesse an Elektro-Autos	46,8%	33,9%
Interesse an Brennstoffzellen-Autos (Wasserstoff)	32,8%	29,7%

Angaben: Prozentuale Top2Box-Werte („stimme voll und ganz zu“ & „stimme zu“), Basis: 5er Likert Skala.

Tabelle 2: Generelles Interesse an Themen der Mobilität
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Lucas, 2021a, S. 14

Innovationsaffine & favorisiertes E-Auto	**Breite Masse & E-Klein-/Kompaktwagen**
innovativ (85,3%)	umweltfreundlich (70,9%)
erfolgreich (77,4%)	sinnvoll (68,8%)
umweltfreundlich (71,7%)	innovativ (65,6%)
zuverlässig (69,4%)	zuverlässig (64,8%)
sinnvoll (66,6%)	bodenständig (52,5%)

Angaben: Prozentuale Top2Box-Werte („stimme voll und ganz zu“ & „stimme zu“), Basis: 5er Likert Skala.

Tabelle 3: Top 5 Image Attribute
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Lucas, 2021a, S. 17, 22

Diese Beobachtungen decken sich auch mit der Tatsache, dass die geforderte Mindestreichweite mit einer Batterieladung bei E-Autos für Innovationsaffine mit einem Mittelwert von 532,5 km deutlich höher liegt als bei der breiten Masse (Mittelwert: 514,4 km). Konsumenten der breiten Masse würden, um die Umwelt zu schützen, bei der Reichweite stärkere Einbußen in Kauf nehmen (vgl. Lucas, 2021a, S. 29). Die Zahlungsbereitschaft ist hingegen bei den Innovationsaffinen signifikant höher, sie finden einen um ca. 25% erhöhten Aufschlag, im Vergleich zur breiten Masse, für ein E-Auto akzeptable: 3265,10 Euro akzeptierter Aufpreis bei Innovationsaffinen vs. 2623,84 Euro bei der breiten Masse (vgl. ebenda, S. 30). Für die breite Masse muss sich der Kauf stärker lohnen.

Die Anschaffung eines vollelektrischen Fahrzeugs (BEV) in den nächsten Jahren ist für Innovationsaffine wahrscheinlicher, sie verfügen auch über höhere Haushaltsmittel (vgl. Tabelle 4). Die breite Masse muss stärker überzeugt werden, Anreize müssen passgenauer sein und die Preise für diese Kundengruppe müssen attraktiver werden.

	Innovationsaffine	**Breite Masse**
Geplanter **Autokauf/Leasing** in den nächsten Jahren	ja (48,9%)	ja (31,8%)
...davon: ein **vollelektrisches Fahrzeug** (BEV)	ja (16,8%)	ja (14,8%)
Monatliches **Einkommen**, zur freien Verfügung (nach Abzug der Steuern und Mietzahlungen)	> 750,- Euro (46,4%)	> 750,- Euro (36,9%)

Tabelle 4: Geplanter Autokauf

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Lucas, 2021a, S. 31, 34

5 Handlungsempfehlungen und Ausblick

Auf Basis dieser Erkenntnisse und Ergebnisse lassen sich verschiedene Handlungsempfehlungen ableiten. Diese sollen im Folgenden in drei Teilbereiche untergliedert und vorgestellt werden: Technologien, Marketing und Business Modelle.

Technologien:

- *Batterietechnik* muss der Fokus der aktuellen Entwicklung sein. Themen wie Werthaltigkeit, Umweltfreundlichkeit, Ladegeschwindigkeit, Langlebigkeit, Speicherkapazität, Rohstoffverfügbarkeit und -nutzung sind für die jetzige Konsumentengruppe der innovationsaffinen Käufer wichtig und werden in großen Teilen für die zukünftige Käufergruppe der breiten Masse noch wichtiger.
- Das Thema Umweltfreundlichkeit muss bis *ins Detail* gehen und die gesamte Lieferkette durchdringen. Erste Hersteller sprechen hier von einer Circular

Economy (deutsch: Kreislaufwirtschaft) (vgl. u.a. EU 2020, WEForum 2021, Covestro 2022, Aramco 2021, BMW 2021).
- Die Elektromobilität alleine ist häufig kein Kaufgrund, so dass *weitere Kaufgründe* angeboten werden müssen (z.B. Digitalisierung, Automatisierung).

Marketing:

- Marketing-Strategien müssen die Kunden *emotional* ansprechen, d.h. es muss auf die Bedürfnisse des Kunden eingegangen werden und diese individuell befriedigt werden. Der Kunde muss „*bewegt*" werden.
- Dazu müssen *die Kunden* in den Mittelpunkt der Kommunikation gerückt werden. Es reicht nicht mehr aus, das Produkt darzustellen und eine modisch gekleidete Person daneben zu platzieren. *Der Held* in der Ansprache muss der Kunde sein, nicht das Unternehmen (Imagewerbung) oder das Produkt (Produktwerbung) (vgl. Miller 2017, S. 29f.).
- Die erzählte Geschichte (engl. story) muss *einfach* zu verstehen sein (vgl. ebenda, S. 13ff.). Die zunehmende Informationsflut führt dazu, dass verbreitete Informationen weniger Aufmerksamkeit bekommen und somit schneller verstanden werden müssen (vgl. u.a. Lorent-Spreen et al. 2019).

Business Modelle:

- Junge Kunden müssen *breiter* angesprochen werden und stärker mit der E-Mobilität *in Kontakt* kommen. Hier bieten sich bspw. Fahrschulen an, E-Autos könnten hier theoretisch und praktisch stärker in die Ausbildung integriert werden. Car-Sharing Flotten sind gerade für junge Städter eine häufig genutzte Alternative zum eigenen Auto, auch hier könnte ein erster Kontakt mit der E-Mobilität stattfinden. Auto-Abos oder auch Gebrauchtwagen-Leasings senken die Initialkosten der Anschaffung und machen die E-Autos so auch für jüngere Käufergruppen attraktiv.

Hier sind sicherlich viele weitere spannende Möglichkeiten denkbar (vgl. auch Lucas, 2021b).

Aus den Abhandlungen dieses Beitrags folgt, dass einerseits die Zulassungszahlen für elektrische Fahrzeuge (BEV) in Deutschland stark im Fokus der Betrachtung bleiben sollten, da sich spätestens mit Erreichen der tiefen Schlucht (*Chasm*) die Marketingansprache grundlegend ändern muss, und andererseits auch die Bedürfnisse und Einstellungen gegenüber der Elektromobilität, besonders bei den zukünftigen jungen Konsumenten, getrackt werden müssen, da diese Bedürfnisse und Einstellungen die kommunikative Ansprache inhaltlich formen (sollten).

Der nächste IU Mobility Kompass (2022) geht im März/April 2022 ins Feld.

6 Literaturverzeichnis

Aramco (2021): How Aramco's Circular Economy Thinking Can Help the Planet: Circular Economies Manage Resources More Sustainably. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.aramco.com/en/magazine/elements/2021/circular-economy.

BMW (2021): Fokus auf Zirkulärwirtschaft: nachhaltig ins Jahr 2040. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.bmw.com/de/magazine/sustainability/zirkularitaet-bei-bmw.html.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Bekanntmachung: Richtlinie zur Förderung des Absatzes von elektrisch betriebenen Fahrzeugen (Umweltbonus). Vom 29. Juni 2016. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/F/foerderrichtlinie-zur-umsetzung-kaufpraemie-elektrofahrzeuge.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Bekanntmachung der Richtlinie zur Förderung des Absatzes von elektrisch betriebenen Fahrzeugen (Umweltbonus). Vom 21. Oktober 2020. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/bekanntmachung-der-richtlinie-zur-foerderung-absatzes-von-elektrisch-betriebenen-fahrzeugen-umweltbonus.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

Carroll, L. (1872): Through the Looking-Glass, and What Alice Found There. Ed. 2014 Macmillan Classics series, Macmillan Publishers Limited, London.

Christensen, C. M., Matzler, K. und von den Eichen, S. F. (2013): The Innovator's Dilemma: Warum etablierte Unternehmen den Wettbewerb um bahnbrechende Innovationen verlieren. 1. korrigierter Nachdruck, Franz Vahlen Verlag, München.

Covestro (2022): Circular Economy – der richtige Dreh. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.covestro.com/de/sustainability/what-drives-us/circular-economy.

EU – Europäische Kommission (2020): Circular Economy Action Plan: The EU's New Circular Action Plan Paves the Way for a Cleaner and More Competitive Europe. Abgerufen am 02.01.2022 von https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_de.

Koalitionsvertrag (2021): Mehr Fortschritt wagen: Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit: Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf.

Kraftfahrt-Bundesamt (2020): Jahresbilanz 2019: Zahlen, Daten, Fakten. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Jahresbilanz_Neuzulassungen/jahresbilanz_node.html?yearFilter=2020.

Kraftfahrt-Bundesamt (2021, 2. März): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2021 [Pressemitteilung]. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Fahrzeugbestand/fahrzeugbestand_node.html.

Kraftfahrt-Bundesamt (2022, 5. Januar): Fahrzeugzulassungen im Dezember 2021 – Jahresbilanz [Pressemitteilung]. Abgerufen am 05.01.2022 von https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Fahrzeugzulassungen/2022/pm01_2022_n_12_21_pm_komplett.html.

Lorenz-Spreen, P., Mønsted, B. M., Hövel, P. und Lehmann, S. (2019): Accelerating dynamics of collective attention. In: Nature communications. 10 (1), S. 1–9. doi:10.1038/s41467-019-09311-w.

Lucas, C. (2021a): IU Mobility Kompass 2021 [White paper], IU International University of Applied Sciences. Abgerufen am 02.01.2022 von https://res.cloudinary.com/iubh/image/upload/v1634653627/Presse%20und%20Forschung/White%20Papers/IU_Mobility_Kompass_2021_blqeic.pdf.

Lucas, C. (2021b): Wieso E-Autos uncool sind. In: Absatzwirtschaft. Heft 12/2021, S. 11.

Meade, N. und Islam, T. (2006): Modelling and Forecasting the Diffusion of Innovation – A 25-year review. In: International Journal of Forecasting. 22 (3), S. 519–545.

Miller, D. (2017): Building a StoryBrand: Clarify your message so customers will listen. HarperCollins Leadership.

Moore, G. A. (2014): Crossing the Chasm: Marketing and Selling Disruptive Products to Mainstream Customers. 3. Aufl., HarperCollins Publishers, New York.

Rogers, E. M. (2003): Diffusion of Innovations. 5. Aufl., Free Press, New York.

Tidd, J. und Bessant, J. R. (2021): Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change. 7. Aufl., John Wiley & Sons, Hoboken.

WEForum – World Economic Forum (2021): Circular Economy and Material Value Chains. Abgerufen am 02.01.2022 von https://www.weforum.org/projects/circular-economy.

Mobilitätspräferenzen und Preisflexibilität spezifischer Nutzergruppen im autonomen Fahren

Franziska Schmid

Consultant bei der Think-Tank-Beratungsgesellschaft #FORTSCHRITT, franziska.schmid@fortschritt.co

Matthias Achim Teichert

Co-Founder und Geschäftsführer der Think-Tank-Beratungsgesellschaft #FORTSCHRITT, achim.teichert@fortschritt.co

1 Methode 344

2 Lernende 346

3 DINKs 350

4 Familien 354

5 Silver Drivers 357

6 Fazit 363

7 Literaturverzeichnis 366

Abstract:

Dieser Beitrag befasst sich mit Anforderungen und Wünschen von Endkunden in einer Mobilitätslandschaft der Zukunft, in der sich autonome Angebote bereits durchgesetzt haben und der Wechsel vom Piloten zum Passagier vollzogen ist. Wie wichtig sind Lernenden, DINKs, Familien und Silver Drivers ausgewählte Mobilitätsfaktoren (z. B. Pünktlichkeit und Komfort), wie spiegelt sich die Wichtigkeit in der Zahlungsbereitschaft wider und inwiefern unterscheiden sich die verschiedenen Nutzergruppen in ihren Mobilitätspräferenzen und Preisflexibilitäten? Diesen Fragen sind wir bei #FORTSCHRITT mit dieser Studie nachgegangen.

JEL Classification: O18

Keywords: autonome Mobilität, Nutzergruppen, Mobilitätswende, Zukunftsszenario.

In einer nationalrepräsentativen Umfrage haben wir 1.000 Endkunden nach ihren Präferenzen und ihrer Preisflexibilität in Bezug auf verschiedene Mobilitätsfaktoren im Szenario des autonomen Fahrens (Level 5) gefragt, mit dem Ziel herauszufinden, welche Faktoren besonders relevant sind und inwiefern sich ausgewählte Nutzergruppen voneinander unterscheiden. Untersucht wurden die Mobilitätspräferenzen und Preisflexibilitäten der Nutzer für die Faktoren *Pünktlichkeit, Komfort, Flexibilität, Exklusivität, Individualität, Geschwindigkeit* und *Kosten* in den Szenarien *Weg zur Arbeit, Weg zum Einkaufen, Weg zur Freizeitaktivität* und *Reise*. Die untersuchten Gruppen - Lernende, Double Income No Kids (DINKs), Familien und Silver Drivers wurden anhand soziodemographischer Daten gebildet.

1 Methode

Teilnehmer, Design und Instrument

Für die Befragung der Endkunden wurde eine nach dem Zensus 2011 nationalrepräsentative Stichprobe erstellt, welche aus 1.000 Teilnehmern (500 Frauen, 500 Männer) bestand. Das Durchschnittsalter der Teilnehmer betrug 47,7 Jahre (*SD* = 16,3 Jahre, Spanne: 16 - 72 Jahre). 33,4% der Teilnehmer gaben als Familienstand „Single/ledig“ an, 23,0% „in einer Beziehung“ und 43,6% „verheiratet/eingetragene Partnerschaft“.

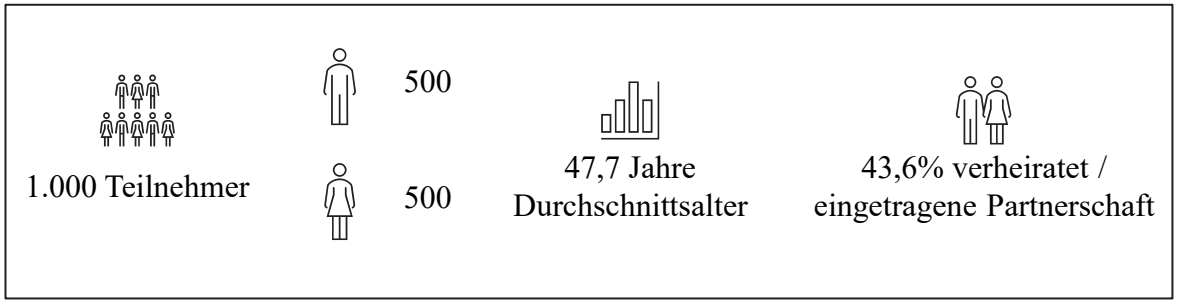


Abbildung 1: Demographische Angaben zur Stichprobe der Endkunden

Mit der Endkundenbefragung sollten die Zielgrößen *Wichtigkeit* und *Zahlungsbereitschaft* für ausgewählte Mobilitätsfaktoren und Szenarien (siehe Abbildung 2) erhoben, ausgewertet und beschrieben werden. Basierend auf der Primäranalyse dieser nationalrepräsentativen Stichprobe lassen sich Rückschlüsse auf ausgewählte Bevölkerungs- und Nutzergruppen Deutschlands ziehen.



Abbildung 2: Szenarien, Skalen und Faktoren der Endkundenbefragung

Als Befragungsinstrument wurde ein eigens konzipierter Fragebogen gewählt, der im Rahmen eines Pre-Tests an 10 Probanden getestet wurde. Infolgedessen wurde der Fragebogen hinsichtlich der logischen Reihenfolge der Fragen sowie der Eindeutigkeit einzelner Fragestellungen überarbeitet.

Vorgehensweise

Die Endkundenbefragung wurde anhand eines Fragebogens durchgeführt, welcher alltägliche Mobilitätsszenarien genauer untersucht. Die Probanden stuften dazu ausgewählte Faktoren in Bezug auf Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft ein. In Zusammenarbeit mit einer externen Marktforschungsagentur wurde zunächst der Pre-Test überarbeitet, ehe dieser in ein Online-Tool überführt und dann über ein Panel repräsentativ deutschlandweit ausgerollt wurde. So wurden im Befragungszeitraum vom 25.-26. November 2020 insgesamt 1.000 vollständige Datensätze erhoben.

Die Ergebnisse der Endkundenbefragung wurden mit der Statistik- und Analysesoftware IBM SPSS Statistics 27 ausgewertet. Basierend auf diesen Daten wurden die Nutzergruppen (Lernende, DINKs, Familien, Silver Drivers) auf Unterschiede in ihrer mittleren Zahlungsbereitschaft und Wahrnehmung der Wichtigkeit für die beschriebenen Faktoren mittels des t-Tests bei unabhängigen Stichproben untersucht.

Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0.05$ festgelegt. Somit gilt: wenn $p \leq .05$ besteht ein statistisch signifikanter Unterschied. Ein hochsignifikanter Unterschied besteht bei $p \leq .001$.

Für die praktische Relevanz wurde außerdem die Effektstärke bestimmt. Dabei wurde Cohen's d als Maß der Effektstärke bestimmt. Bei $d \geq .20$ besteht ein schwacher Effekt, bei $d \geq .50$ ein mittlerer und ab $d \geq .80$ ein starker Effekt (vgl. Cohen, 1988, S. 20, 40).

Nutzergruppendefinition

Die untersuchten Nutzergruppen wurden anhand von soziodemographischen Kriterien definiert. Anhand einer Einteilung in Familienlebensphasen wurden folgende Nutzergruppen ausgewählt:

- Lernende
- DINKs
- Familien
- Silver Drivers

Eine ausführliche Definition dieser Gruppen folgt in den jeweiligen Kapiteln.

2 Lernende

Unter der Gruppe „Lernende“ sind alle Umfrageteilnehmer zusammengefasst, die bei der Frage nach ihrem Beruf angaben, Schüler, Studenten oder Auszubildende zu sein. Die Lernenden befinden sich allesamt in einer ähnlichen Lebensphase. Sie stehen kurz vor dem Start ihrer Karriere und verfügen nur über ein geringes oder gar kein eigenes Einkommen. In ihrer Entwicklung stehen sie zwischen Selbstverwirklichung und der Gründung einer Familie (vgl. Orange YC GmbH, o. J.). Mit einem medianen Alter von 22 Jahren[65] gehören die Lernenden überwiegend der Generation Z an, welche sich als Digital Natives durch hohe Mobilität und eine hohe Präsenz des Smartphones im Alltag auszeichnet (vgl. PricewaterhouseCoopers GmbH, 2020, S. 5). 65% der Generation Z sind dem autonomen Fahren gegenüber offen und optimistisch eingestellt (vgl. PricewaterhouseCoopers GmbH, 2020, S. 17). Außerdem ist einem Großteil der Generation Z (72%) die Freizeit und eine gute Work-Life-Balance wichtig (vgl. Papasabbas & Pfuderer, 2021, S. 19). Die Gruppe der Lernenden setzt sich aus 35 Studierenden, 47 Schülern und 18 Auszubildenden zusammen. Bezieht man diese Gruppengröße innerhalb der Stichprobe auf die Grundgesamtheit der 71 Millionen Deutschen (ab 16 Jahren) (vgl. Statistisches Bundesamt, 2021a.), so ergibt sich für die Nutzergruppe „Lernende“ eine Größe von 7,1 Millionen Nutzern. Für die Zukunft der Mobilität ist diese Gruppe sehr interessant. Ihre momentane Kaufkraft ist in ihrer aktuellen Lebensphase zwar gering, jedoch ist es wichtig, diese potenzielle Kundengruppe frühzeitig zu binden, um in Zukunft ihre volle Kaufkraft ausschöpfen zu können.

Auf eine gesonderte Analyse von Schülern, Studierenden und Auszubildenden wurde aufgrund der geringen Anzahl an Fällen in der Stichprobe verzichtet, da ihre Aussagekraft nur gering wäre.

[65] Das Mindestalter für die Teilnahme an der Endkundenbefragung betrug 16 Jahre.

2.1 Deskriptive Ergebnisse - Lernende

Die Teilnehmer wurden danach gefragt, wie wichtig ihnen auf einer Skala von 1 bis 6 (1 = sehr unwichtig, 6 = sehr wichtig) die Faktoren Pünktlichkeit, Kosten, Flexibilität, Komfort, Geschwindigkeit, Individualität und Exklusivität in den einzelnen Szenarien sind. Auch bei der Zahlungsbereitschaft wurden die Teilnehmer gebeten, diese auf einer Skala von 1 bis 6 (1 = sehr niedrig, 6 = sehr hoch) anzugeben.

Wichtigkeit

Für die Lernenden ist das wichtigste Szenario die Reise. Dabei sind ihnen vor allem Komfort ($M = 4.65$) und Kosten ($M = 4.58$) eher wichtig bis wichtig. Ähnlich wichtig ist den Lernenden der Weg zur Schule, Universität oder Ausbildungsstätte. Mit Abstand am wichtigsten ist ihnen hier die Pünktlichkeit ($M = 5.10$). Flexibilität ($M = 4.58$) und Kosten ($M = 4{,}52$) sind den Lernenden auf dem Weg zur Arbeit/Universität/Schule eher wichtig bis wichtig. Die Wichtigkeit der Szenarien Freizeit und Einkaufen liegt für alle Faktoren auf einem ähnlichen Niveau. Die einzige Ausnahme bildet die Pünktlichkeit, diese ist den Lernenden auf dem Weg zum Einkaufen weniger wichtig als auf dem Weg zur Freizeitaktivität. Am wichtigsten sind den Lernenden in diesen beiden Szenarien jedoch Kosten und Flexibilität.

Auffällig ist, dass den Lernenden die Exklusivität und Individualität über alle Szenarien hinweg am wenigsten wichtig sind. Die Wichtigkeit der Faktoren bewegt sich zwischen eher unwichtig und eher wichtig, also in einem indifferenten Bereich.

Einen Überblick über die Wichtigkeit der einzelnen Faktoren in den verschiedenen Szenarien liefert Abbildung 3.

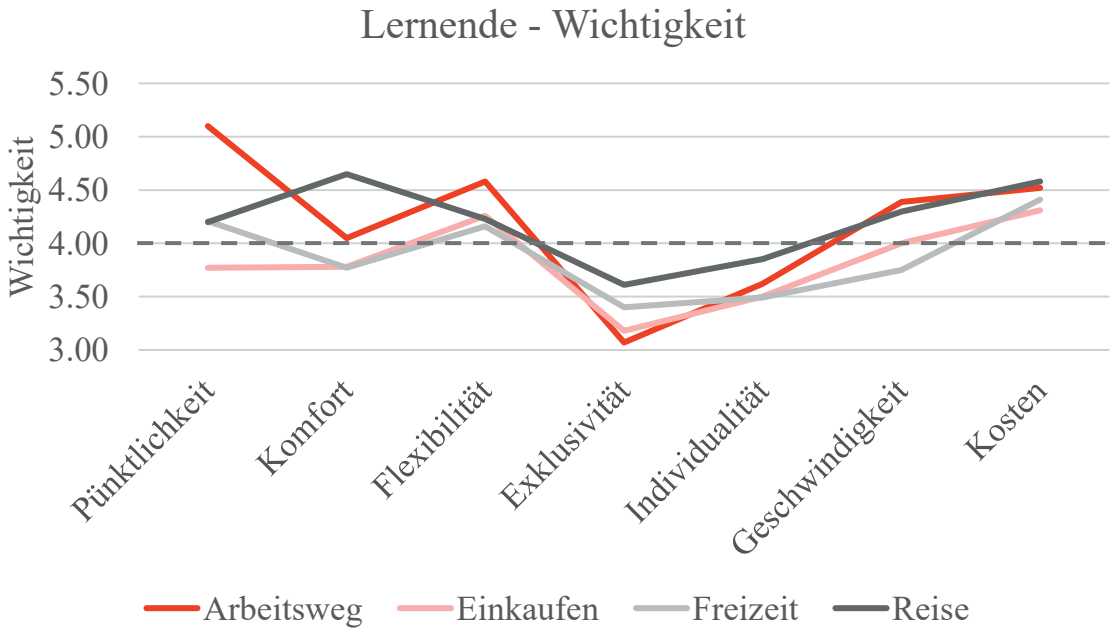


Abbildung 3: Lernende – Wichtigkeit einzelner Faktoren in verschiedenen Szenarien

Zahlungsbereitschaft

Die Einschätzung der Wichtigkeit deckt sich gut mit der angegebenen Zahlungsbereitschaft der Lernenden. Die höchste Zahlungsbereitschaft liegt, demnach, für das Reiseszenario vor, in welchem die Lernenden vor allem für mehr Komfort bereit wären, mehr Geld auszugeben. Die höchste Zahlungsbereitschaft weisen die Lernenden jedoch für die Pünktlichkeit auf dem Weg zu ihrer Universität, Schule oder Ausbildungsstätte auf. Die Pünktlichkeit auf dem Weg zur Bildungsstätte war den Lernenden auch am wichtigsten. Wie schon bei der Wichtigkeit festgestellt, gilt auch für die Zahlungsbereitschaft der Lernenden, dass diese für die Faktoren Exklusivität und Individualität am geringsten ist.

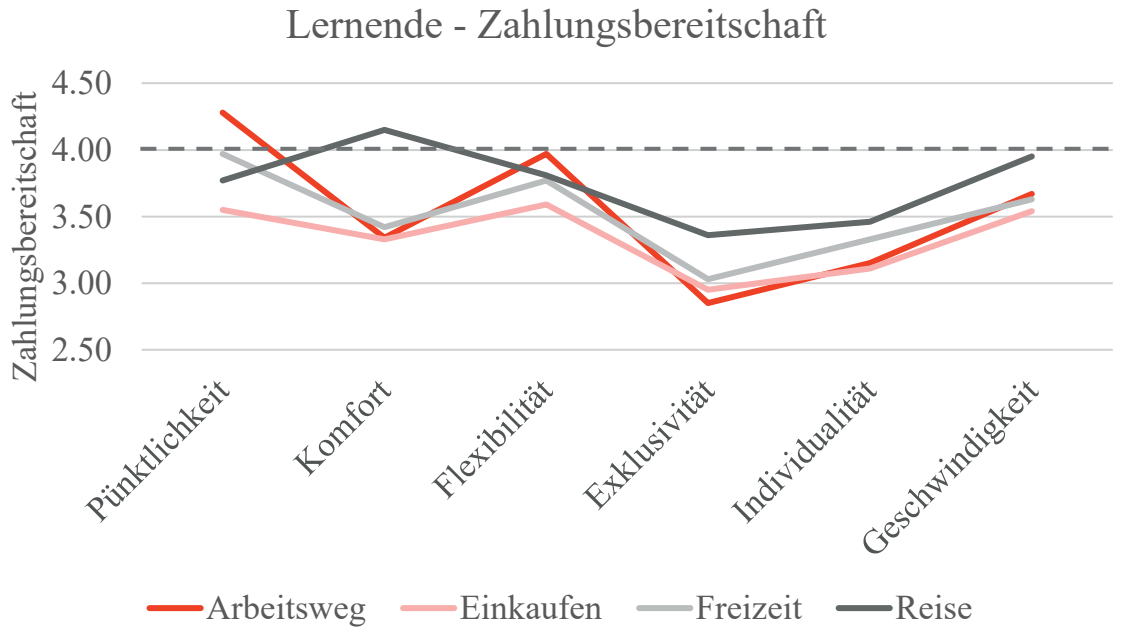


Abbildung 4: Lernende – Zahlungsbereitschaft für einzelne Faktoren in verschiedenen Szenarien

2.2 Lernende im Vergleich zu den übrigen Befragten

Lernende legen mehr Wert auf Geschwindigkeit und sind bereit dafür zu bezahlen

Es konnte festgestellt werden, dass die Geschwindigkeit den Lernenden in jedem Szenario wichtiger ist als den übrigen Befragten. Auf dem Weg zum Einkaufen besteht dafür auch ein statistisch signifikanter Unterschied mit kleiner Effektstärke. Außerdem konnte statistisch nachgewiesen werden, dass die Lernenden für die Geschwindigkeit eine höhere Zahlungsbereitschaft aufweisen. Eine mögliche Begründung könnte sein, dass die Lernenden in Bezug auf die eigene Mobilität häufig auf andere angewiesen sind – z. B. auf die Eltern oder Fahrpläne und -strecken von öffentlichen Verkehrsmitteln. Denn lediglich 16% der 16- bis 19-Jährigen fahren ausschließlich mit dem Auto, 56% sind multimodal unterwegs und 16% ausschließlich mit öffentlichen Verkehrsmitteln (vgl. Nobis und Kuhnimhof, 2018, S. 57). Für Studenten liegen

keine Daten vor, es wird jedoch eine ähnliche Aufteilung vermutet, auch wenn davon auszugehen ist, dass der Anteil der reinen Autofahrer etwas größer sein wird. Nichtsdestotrotz nutzen die Lernenden also häufig das Fahrrad oder den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), womit sie oft länger unterwegs sind, als sie es mit dem Auto sein müssten. Für die Geschwindigkeit gibt es für die Lernenden also Optimierungspotenzial. Bei den übrigen Befragten ist nach Nobis und Kuhnimhof (2018, S. 57) der Anteil der PKW-Nutzung höher. Es ist davon auszugehen, dass diese ihren Weg zur Arbeit, zum Einkaufen, zur Freizeitaktivität und auf einer Reise bereits optimiert haben. Die Geschwindigkeit könnte für die übrigen Befragten also bereits ein Standard sein, der sich bei den Lernenden erst noch etablieren muss.

Es ist außerdem psychologisch erwiesen, dass Jugendliche ungeduldiger sind als Erwachsene. Nach einer Studie von van den Bos et al. (2015, S. 3765f.) verringert sich die jugendliche Ungeduld erst mit zunehmender frontostriataler Verknüpfung: Mit „erwachsen“ ist in diesem Zusammenhang also nicht die Volljährigkeit, sondern die Reife des Gehirns, genauer gesagt des präfrontalen Cortex, gemeint, welche erst mit etwa 30 Jahren erreicht sein soll (vgl. Somerville, 2016, 1164f.). Somit fallen die Lernenden zu einem überwiegenden Anteil in diese Gruppe der „Ungeduldigeren“. Höhere Ungeduld könnte die höhere Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft für Geschwindigkeit somit erklären.

Hinzu kommt, dass die Lernenden heutzutage in einer beschleunigten Gesellschaft aufgewachsen sind, in der durch Digitalisierung und Globalisierung Informationen schnell abrufbar sind, gewünschte Produkte über Nacht geliefert werden und Entwicklungszyklen immer kürzer werden. Außerdem kann eine durch Informationsflut kürzere Aufmerksamkeitsspanne (insbesondere durch Social Media) für Ungeduld sorgen, wodurch der Faktor Geschwindigkeit an Bedeutung gewinnt.

Weg zur Arbeit/Schule/Universität

Individualität, Komfort und Exklusivität waren den Lernenden auf dem Weg zur Bildungsstätte signifikant weniger wichtig. Für Lernende könnten diese deshalb Luxusfaktoren sein, welche für sie nicht zwingend notwendig sind. Eine mögliche Begründung könnte sein, dass die Lernenden sich noch nicht an gewisse Standards gewöhnt haben und deshalb bezüglich dieser Faktoren weniger anspruchsvoll sind. Jedoch liegt die Zahlungsbereitschaft für diese Faktoren auf einem ähnlichen Niveau und nicht signifikant niedriger als bei den übrigen Befragten.

Auch wenn für die Lernenden Kosten, Flexibilität und Pünktlichkeit die wichtigsten Faktoren waren, waren sie ihnen dennoch weniger wichtig als den übrigen Befragten, jedoch nicht signifikant weniger wichtig. Gleiches gilt für die Zahlungsbereitschaft.

Weg zum Einkaufen

Die abgefragten Faktoren waren den Lernenden auf dem Weg zum Einkaufen alle weniger wichtig als den übrigen Befragten. Die Zahlungsbereitschaft ist ebenfalls niedriger oder auf gleichem Niveau. Die Ausnahme für Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft bildet der Faktor Geschwindigkeit.

Auf dem Einkaufsweg sind den Lernenden zudem Individualität und Pünktlichkeit signifikant weniger wichtig als den übrigen Befragten. Die Zahlungsbereitschaft ist jedoch nicht signifikant niedriger.

Weg zur Freizeitaktivität

Für die Wichtigkeit auf dem Weg zur Freizeitaktivität ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Zusätzlich zur Geschwindigkeit ergab sich eine signifikant höhere Zahlungsbereitschaft für den Faktor Flexibilität. Wie bereits aufgezeigt, nutzen Lernende häufig den ÖPNV. Bei den Freizeitaktivitäten sind die Wege oftmals spontan zurückzulegen, da im Vorfeld noch nicht klar ist, wie lange z. B. das Treffen mit den Freunden geht. Dies könnte eine Begründung für die höhere Zahlungsbereitschaft für Flexibilität im Freizeitszenario sein.

Reise

Auch auf dem Weg in den Urlaub unterscheiden sich die Wichtigkeiten der einzelnen Faktoren für die Lernenden nicht. Zusätzlich zu den identifizierten Top 3 der Wichtigkeit in den übrigen Szenarien (Flexibilität, Kosten und Pünktlichkeit) gehört der Komfort im Reiseszenario ebenfalls zu den wichtigsten Faktoren.

Außerdem ist den Lernenden der Komfort auf einer Reise signifikant mehr wert. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass die Lernenden normalerweise ein niedrigeres Komfortlevel gewohnt sind, z. B. von Fahrten im ÖPNV, und sich auf dem Weg in den Urlaub aufgrund der längeren Fahrt einen höheren Standard wünschen. In den anderen Nutzergruppen könnte ein höherer Komfort jedoch schon zum Standard geworden sein, sodass die Bereitschaft dafür mehr zu bezahlen im Verhältnis niedriger ist.

3 DINKs

Unter DINKs, also doppeltes Einkommen und keine Kinder, versteht man eine Käufertypologie, die auf soziodemographischen Merkmalen basiert. Es handelt sich um eine Gruppe von Personen, die verheiratet sind oder in einem eheähnlichen Verhältnis und zu zweit in einem Haushalt leben. DINKs haben keine Kinder (mehr) im Haushalt und sind Vollzeit berufstätig (vgl. Pawlik, 2020). Aufgrund der Tatsache, dass ein DINKs-Haushalt aus zwei Vollerwerbstätigen besteht, verfügen diese über ein

höheres Haushaltsnettoeinkommen als die Gesamtheit der Deutschen. Die 50- bis 59-Jährigen stellen die größte Altersgruppe der DINKs dar.

Im vorliegenden Datensatz aus der Endkundenbefragung ergibt sich für die Nutzergruppe „DINKs“ somit eine Gruppengröße von $n = 153$ Personen. Bezieht man diese Gruppengröße innerhalb der Stichprobe auf die Grundgesamtheit der 71 Millionen Deutschen (ab 16 Jahren) (vgl. Statistisches Bundesamt, 2021a.), so ergibt sich für die Nutzergruppe „DINKs“ eine Größe von rund 10,9 Millionen Nutzern. Dieser Wert stimmt grob überein mit den Erhebungen von Pawlik (2020), wonach im Jahr 2019 8,62 Millionen DINKs in Deutschland lebten.

Die DINKs in der vorliegenden Stichprobe sind zwischen 23 und 71 Jahre alt. Das mittlere Alter beträgt 47 Jahre, das mediane Alter beträgt 51 Jahre.

Bei den DINKs handelt es sich durch das doppelte Einkommen, die geteilten Lebenshaltungskosten und keine Ausgaben für Kinder, um eine Gruppe mit hoher Kaufkraft und hoher Ausgabebereitschaft in vielen Bereichen.

3.1 Deskriptive Ergebnisse – DINKs

Analog zu den Lernenden wurden für die DINKs ebenfalls die einzelnen Faktoren für die verschiedenen Szenarien hinsichtlich ihrer Wichtigkeit und kundenseitigen Zahlungsbereitschaft untersucht.

Wichtigkeit

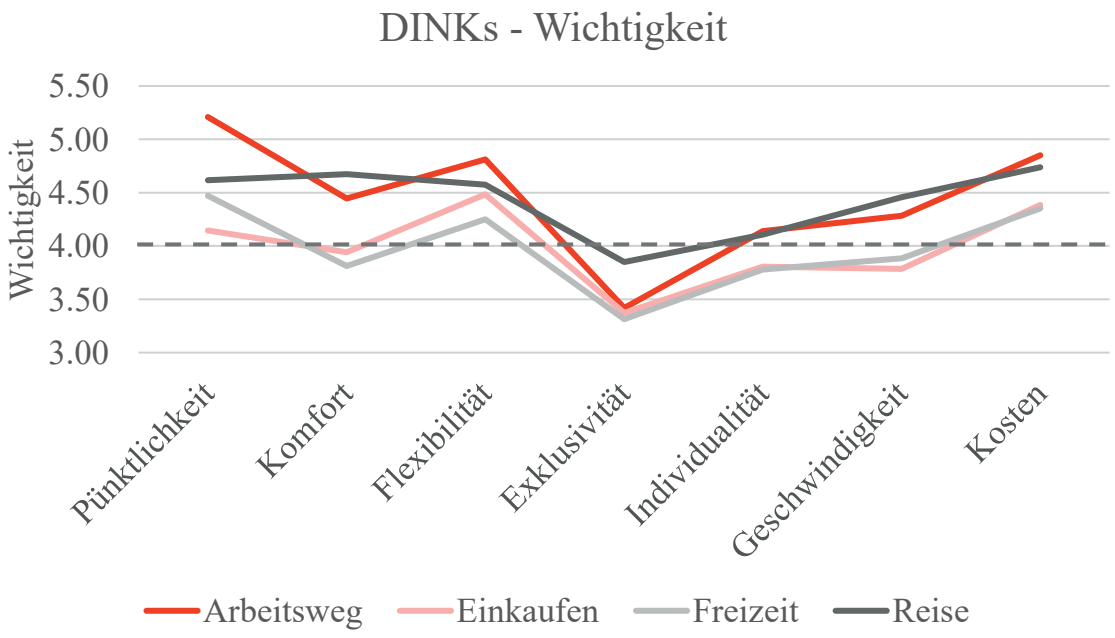


Abbildung 5: DINKs – Wichtigkeit einzelner Faktoren in verschiedenen Szenarien

Die Szenarien „Weg zur Arbeit“ und „Reise“ sind den DINKs am wichtigsten. Außerdem zeigt sich, wie bei den Lernenden, dass die Faktoren Kosten, Pünktlichkeit (insbesondere auf dem Weg zur Arbeit) und Flexibilität in allen Szenarien am wichtigsten sind. Zusätzlich zu diesen drei Faktoren gehört auf einer Reise außerdem noch der Komfort zu den wichtigeren Faktoren. Am unwichtigsten ist den DINKs die Exklusivität. Abbildung 5 zeigt eine Übersicht der Wichtigkeit der einzelnen Faktoren in den Szenarien Arbeitsweg, Einkaufen, Freizeit und Reise.

Zahlungsbereitschaft

Die Zahlungsbereitschaft der DINKs in den einzelnen Szenarien ist in Abbildung 6 dargestellt. Die höchste Zahlungsbereitschaft ergab sich für die DINKs für die Reise. Hier sind sie insbesondere für den Komfort bereit einen Aufpreis zu bezahlen. Auffällig ist, dass die Zahlungsbereitschaft der DINKs für eine Reise insgesamt ausgeglichener ist und auch für die DINKs unwichtigere Faktoren wie Exklusivität erreichen höhere Werte. Abgesehen davon decken sich die Werte für Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft gut und es sind keine größeren Widersprüchlichkeiten zu identifizieren, auch wenn die Zahlungsbereitschaft deutlich niedriger bewertet wurde als die Wichtigkeit.

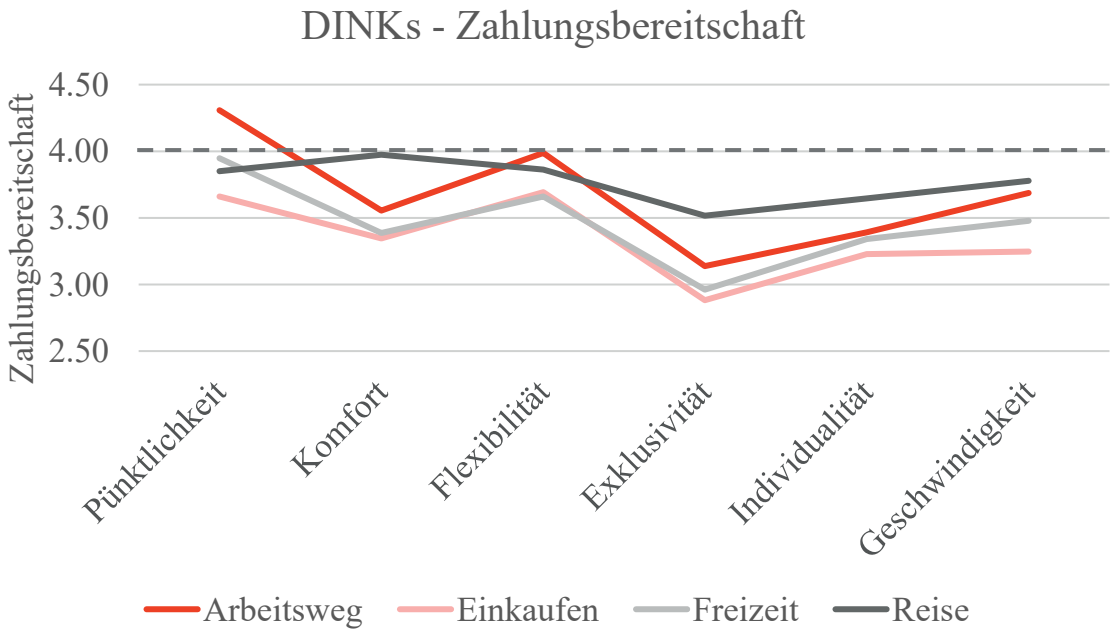


Abbildung 6: DINKs – Zahlungsbereitschaft für einzelne Faktoren in verschiedenen Szenarien

3.2 DINKs im Vergleich zu den übrigen Befragten

Für alle Szenarien ergab sich bei den DINKs auf deskriptiver Ebene eine höhere Zahlungsbereitschaft als bei den übrigen Befragten, welche jedoch nicht immer statistisch signifikant war. Das höhere Pro-Kopf-Einkommen der DINKs führt also nur bedingt

zu einer höheren Zahlungsbereitschaft. Insgesamt unterscheiden sich die DINKs nicht sehr stark von den übrigen Befragten.

Weg zur Arbeit

Für die Skalen Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft auf dem Weg zur Arbeit ergaben sich für die DINKs keine Unterschiede im Vergleich zu den übrigen Befragten. In Verbindung mit den Ergebnissen der anderen Gruppen kann darauf geschlossen werden, dass die Anforderungen für den Weg zur Arbeit für den Großteil der Befragten ähnlich sind, da ähnliche Rahmenbedingungen herrschen. So sind sie in der Regel in den gleichen Zeitfenstern unterwegs zur Arbeit und für alle gilt, dass sie pünktlich sein sollten.

Weg zum Einkaufen

Auf dem Einkaufsweg unterscheiden sich die DINKs ebenso nicht signifikant von den übrigen Befragten, weder bezüglich der Wichtigkeit noch bezüglich der Zahlungsbereitschaft.

Weg zur Freizeitaktivität

Für die Skala Wichtigkeit ergab sich im Freizeitszenario ein signifikanter Unterschied mit leichtem Effekt für den Faktor **Geschwindigkeit**, welcher sich auch in der Zahlungsbereitschaft bestätigt. Eine Erklärung hierfür könnten exklusivere Hobbys sein, die weiter von zu Hause entfernt sind und deshalb nur mit hoher Geschwindigkeit in den Alltag zu integrieren sind. Jedoch sind das nur Mutmaßungen. Für eine wissenschaftliche Erklärung dieses Unterschieds müsste untersucht werden, wie sich die Freizeit der DINKs im Vergleich zu den übrigen Befragten gestaltet. Hierzu lagen jedoch keine Daten vor.

Geschwindigkeit und **Pünktlichkeit** sind, dadurch, dass sie beide auf die zeitliche Dimension abzielen, eng miteinander verknüpft. Daher ist die leicht positive und signifikant höhere Bereitschaft einen höheren Preis für die Pünktlichkeit zu bezahlen nicht verwunderlich.

Reise

Für die Reise weisen die DINKs insgesamt hohe Werte auf, da ihnen, wie eingangs beschrieben, Reisen sehr wichtig sind. Neben dem Weg zur Arbeit ist die Reise das wichtigste Szenario für die DINKs. Sie zeichnen sich durch eine hohe Ausgabebereitschaft bei Reisen aus. Rund 65% der DINKs sparen nicht, wenn es um ihren Urlaub geht (vgl. Pawlik, 2020). Für den Faktor **Geschwindigkeit** ergab sich eine signifikant höhere Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft als bei den übrigen Befragten. Dieser Unterschied könnte sich wie folgt erklären lassen: DINKs haben ein über-

durchschnittlich hohes Pro-Kopf-Einkommen und können sich die verfügbare Freizeit flexibel einteilen, da sie keine familiären Verpflichtungen haben. Dadurch können DINKs auch häufiger verreisen (vgl. Institut für Demoskopie Allensbach und Statista GmbH, 2020a.) als z. B. Familien oder Lernende und Kurztrips sind wahrscheinlicher, da auch kürzere Zeitfenster für Urlaub genutzt werden können. Gerade bei eng getakteten Reisen spielt dann die höhere Geschwindigkeit eine wichtige Rolle, um so wenig Urlaubszeit wie möglich zu verlieren.

Exklusivität ist zwar der Faktor, der den DINKs auf einer Reise am wenigsten wichtig ist, jedoch mit $M = 3.85$ wichtiger als in den übrigen Szenarien. Außerdem weisen sie mit einer leicht positiven Bereitschaft einen höheren Preis für Exklusivität zu bezahlen als die übrigen Befragten einen signifikanten Unterschied mit leichtem Effekt auf. Als Grund dafür kann der Wunsch nach Ruhe und Erholung genannt werden, welcher den DINKs aufgrund der insgesamt höheren Zahlungsbereitschaft entsprechend mehr wert ist.

4 Familien

Die Nutzergruppe „Familien“ soll repräsentativ für das Mobilitätsverhalten von Vätern und Müttern stehen, deren Kinder noch am alltäglichen Familienleben teilnehmen. Daher wurde diese Gruppe definiert als Personen, die mit mindestens einem Kind unter 18 Jahren im Haushalt leben und zwischen 24 und 55 Jahre alt sind. Da im Rahmen der Endkundenbefragung lediglich abgefragt wurde, wie viele Kinder im Haushalt leben, zählen einerseits alle unter 18-jährigen Umfrageteilnehmer als Kinder im Haushalt und andererseits auch die minderjährigen Geschwister eines z. B. 23-jährigen Umfrageteilnehmers. Um solche Fälle, in denen die Befragten nicht die Eltern sind, weitestgehend auszuschließen, wurde das Mindestalter für diese Gruppe auf 24 Jahre festgelegt. Denn das Durchschnittsalter der Deutschen beim Auszug aus dem Elternhaus beträgt 23,7 Jahre (Stand 2019) (vgl. Statistisches Bundesamt, 2020). Die Obergrenze von 55 Jahren basiert auf den nachfolgenden Faktoren. Das durchschnittliche Alter von Vätern und Müttern bei der Geburt des ersten Kindes beträgt 34,6 bzw. 31,6 Jahre (vgl. Statistisches Bundesamt, 2021c.). Bei der Geburt des dritten Kindes sind Väter durchschnittlich 36,7 und Mütter 33,4 Jahre alt (vgl. Statistisches Bundesamt, 2021c.). Mit 16 Jahren erhalten Jugendliche mit dem Erwerb des Motorradführerscheins die Möglichkeit zur selbständigen motorisierten Mobilität. Außerdem werden Urlaube ohne die Eltern in diesem Alter häufiger. Nach 16 Jahren nehmen Kinder also nicht mehr zwangsläufig maßgeblich am familiären Mobilitätsalltag teil. Somit ergibt sich eine aufgerundete Altersobergrenze von 55 Jahren.

Insgesamt besteht die Gruppe „Familien“ in der Stichprobe aus n = 220 Personen, wodurch sich eine Gruppengröße von N = 15,6 Millionen Personen in der Grundgesamtheit ergibt. Das mittlere Alter in dieser Gruppe betrug M = 40,4 Jahre. Die Altersspanne von 24 bis 55 Jahre war per Definition vorgegeben.

4.1 Deskriptive Ergebnisse – Familien

Analog zu den Lernenden und den DINKs wurden für die Familien ebenfalls die einzelnen Faktoren für die verschiedenen Szenarien hinsichtlich ihrer Wichtigkeit und kundenseitigen Zahlungsbereitschaft untersucht.

Wichtigkeit

Für die Familien war das Reiseszenario am wichtigsten, dicht gefolgt vom Weg zur Arbeit. Wie bei den Lernenden und den DINKs sind den Familien dabei vor allem Pünktlichkeit, Kosten und Flexibilität über alle Szenarien hinweg am wichtigsten. Am unwichtigsten ist den Familien, wie auch den Lernenden und den DINKs, die Exklusivität in allen Szenarien, wenn auch die Exklusivität auf einer Reise eine deutlich höhere Wichtigkeit hat als in den übrigen Szenarien. Abbildung 7 gibt einen Überblick über die Wichtigkeit der einzelnen Faktoren in den verschiedenen Szenarien.

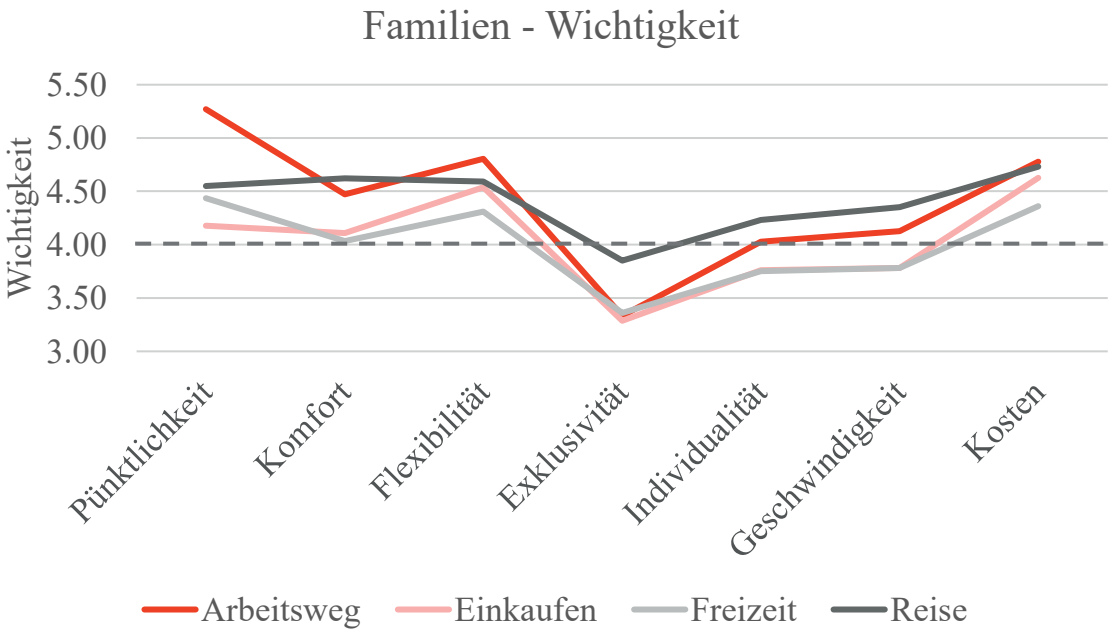


Abbildung 7: Familien – Wichtigkeit einzelner Faktoren in verschiedenen Szenarien

Zahlungsbereitschaft

Die Zahlungsbereitschaft der Familien ist auf einer Reise am höchsten. Insbesondere für den Komfort und die Pünktlichkeit sind die Familien im Urlaub bereit mehr Geld auszugeben. In den übrigen Szenarien ist die Zahlungsbereitschaft der Familien für

eine pünktliche Ankunft und Flexibilität am höchsten. In allen Szenarien liegt die Zahlungsbereitschaft für den Faktor Exklusivität mit Abstand am niedrigsten. Das Szenario mit der zweithöchsten Zahlungsbereitschaft stellt der Arbeitsweg dar. Dafür ist wieder die sehr hohe Zahlungsbereitschaft für die Pünktlichkeit auffällig. Starke Widersprüchlichkeiten zwischen den Skalen Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft wurden nicht festgestellt. Abbildung 8 zeigt die Zahlungsbereitschaft der Familien in den verschiedenen Szenarien.

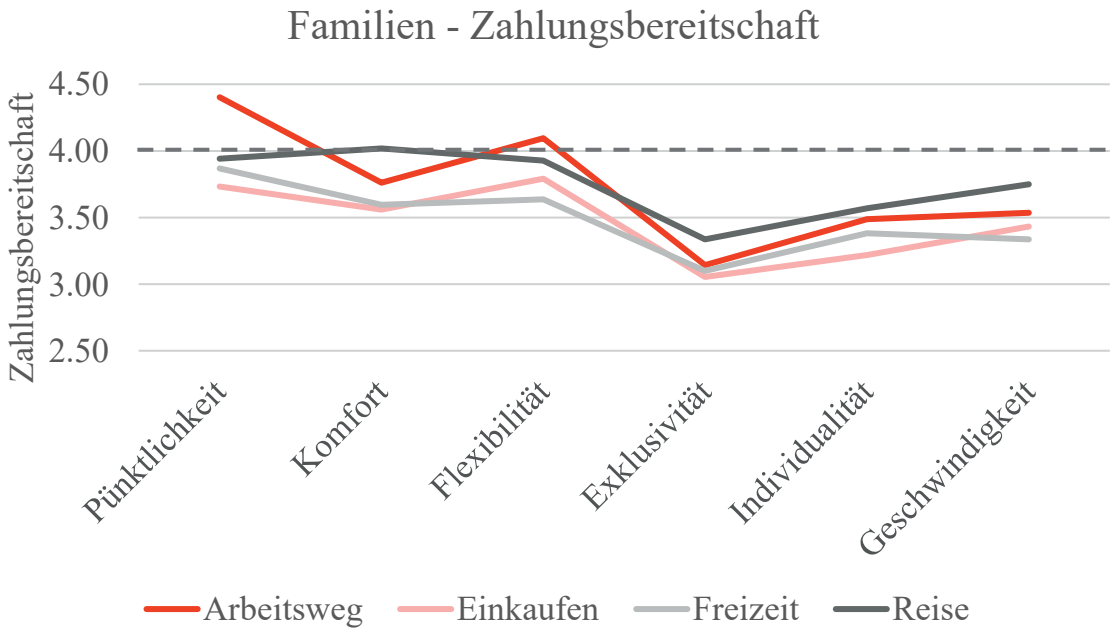


Abbildung 8: Familien – Zahlungsbereitschaft für einzelne Faktoren in verschiedenen Szenarien

4.2 Familien im Vergleich zu den übrigen Befragten

Die Kosten waren in allen Szenarien einer der wichtigsten Faktoren, was die Vermutung, dass Mobilität mit einem Familienbudget bezahlbar sein muss, bestätigt. Ebenso haben die Faktoren Flexibilität und Pünktlichkeit einen hohen Stellenwert bei den Familien.

Weg zur Arbeit

Auf dem Weg zur Arbeit wurden für die Familien weder für die Wichtigkeit noch für die Zahlungsbereitschaft für die Praxis signifikante Unterschiede festgestellt. Wie bereits bei den DINKs festgestellt, bestehen für den Arbeitsweg der Familien ähnliche Rahmenbedingungen wie für alle anderen Gruppen.

Weg zum Einkaufen

Für die Wichtigkeit auf dem Weg zum Einkaufen ergaben sich für die Familien keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu den übrigen Befragten. Jedoch weisen sie eine signifikant **höhere Zahlungsbereitschaft für Komfort, Flexibilität und**

Geschwindigkeit auf. Die höhere Zahlungsbereitschaft für Komfort lässt sich leicht erklären. Als Familie fallen die Wocheneinkäufe größer aus, weshalb Attribute wie mehr Stauraum und leichteres Ein- und Ausladen eine größere Relevanz bekommen. Weshalb sich dies nicht in einer signifikant höheren Wichtigkeit widerspiegelt, ist unklar. Die höhere Zahlungsbereitschaft für die Flexibilität ist vermutlich auf die schlechtere Planbarkeit des Einkaufs mit Kindern zurückzuführen. Jedoch ist auch hier nicht klar, weshalb der signifikante Unterschied nur für die Zahlungsbereitschaft und nicht für die Wichtigkeit besteht. Zwar besteht für die Geschwindigkeit auch eine signifikant höhere Zahlungsbereitschaft, diese ist mit $M = 3.43$ jedoch nicht hoch.

Weg zur Freizeitaktivität

Auf dem Weg zur Freizeitaktivität war abermals der Komfort auffällig. Während für die Wichtigkeit keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden, ergab sich für die Zahlungsbereitschaft ein signifikant höherer Wert für den **Komfort** auf dem Weg zur Freizeitaktivität.

Reise

Auf Reisen ist den Familien die **Individualität**, also die Angepasstheit an die speziellen Bedürfnisse der Familien signifikant wichtiger als den übrigen Befragten. Jedoch sind den Familien bis auf die Exklusivität alle anderen Faktoren wichtiger. Die höhere Wichtigkeit bestätigt sich jedoch nicht in einer höheren Zahlungsbereitschaft.

Familien mit Kindern haben auf der Fahrt in den Urlaub andere Bedürfnisse als kinderlose Haushalte. Für die Kinder kann die Fahrt nicht schnell genug vorbei sein, der Stauraum im Auto muss groß genug für die Lieblingsspielzeuge sein und vieles mehr. Die höhere Zahlungsbereitschaft von Familien für **Pünktlichkeit** und **Geschwindigkeit** sind daher nicht überraschend. Jedoch ist auch hier die Frage, weshalb den Familien diese Faktoren nicht auch wichtiger sind.

Die Zahlungsbereitschaft der Familien für Komfort auf Reisen ist zwar höher als die der übrigen Befragten, jedoch ist die Effektstärke zu gering. Dies heißt aber nicht, dass der Komfort für die Familien auf Reisen weniger Relevanz hat als in den übrigen Szenarien, sondern vielmehr, dass der Komfort in allen Gruppen auf Reisen eine größere Relevanz hat als in den übrigen Szenarien.

5 Silver Drivers

Unter „Silver Drivers“ sollen in diesem Beitrag alle über 60-jährigen verstanden werden. Die Bezeichnung „Silver Drivers“ geht auf den vom Zukunftsinstitut identifizierten Megatrend der Silver Society zurück (vgl. Zukunftsinstitut GmbH, o. J.). Dieser Trend repräsentiert die alternde Gesellschaft in Deutschland. Waren es 2019 noch 23,7 Mio. (29%) über 60-Jährige, werden es im Jahr 2030 bereits 27,8 Mio. (34%)

sein (vgl. Statistisches Bundesamt, 2021b). Die aktuell breiteste Bevölkerungsgruppe ist die der ca. 50-60-Jährigen (vgl. Statistisches Bundesamt, 2021b). Geht man davon aus, dass das autonome Fahren erst ab frühestens 2030 relevant wird (vgl. Altenburg et al., 2018, S. 13ff.), so wird die Gruppe der über 60-Jährigen, also der Silver Drivers, die bis dahin die breiteste Bevölkerungsgruppe darstellen wird, für die Anbieter autonomer Mobilität besonders interessant. Auch in einem pessimistischeren Szenario, in dem die autonome Mobilität erst ab 2040 an Bedeutung gewinnt (vgl. Altenburg et al., 2018, S. 13ff.), liegt der Anteil der Silver Drivers mit 35% (28 Mio.) immer noch auf einem ähnlichen Niveau (vgl. Statistisches Bundesamt 2021b).

Im Jahr 2020 waren außerdem 34,9% der Neuwagenkäufer über 60 Jahre alt, also Silver Drivers, und daher für die Mobilität in Deutschland von großer Bedeutung (vgl. Wirtschaftsgesellschaft des Kraftfahrzeuggewerbes mbH, 2021, S. 13). Denn die „jungen Alten“ werden immer mobiler und fitter, nehmen also länger aktiv am Verkehrsgeschehen teil. Durch Mobilität bleiben Silver Drivers unabhängig und flexibel. Durch autonomes Fahren erhalten aber auch die weniger fitten und deshalb momentan weniger mobilen Älteren Unabhängigkeit und Flexibilität zurück (vgl. Boch, 2016).

Bezeichnend für die Silver Drivers ist zudem, dass sie sich selbst nicht als „die Alten“ sehen – von Relevanz ist das gefühlte Alter, welches je nach Gesundheitszustand, Einstellungen und vielen weiteren Faktoren sehr unterschiedlich sein kann (vgl. Alphabet Austria Fuhrparkmanagement GmbH). So ergeben sich auch bei den Silver Drivers individuelle Lebensformen. Für die Silver Drivers ist es, wie für alle anderen Zielgruppen auch, wichtig, dass die Mobilitätsangebote genau auf ihre Bedürfnisse abgestimmt sind. Besonders ist für die Silver Drivers jedoch, dass man dem Angebot die Altersgerechtigkeit nicht ansehen darf. Alterssterotypen dürfen also, wenn überhaupt, nicht offensichtlich bedient werden. Vielmehr muss darauf gesetzt werden, dass z. B. Komfort und Sicherheit zum Standard für alle Altersgruppen gemacht werden. (vgl. Boch, 2016, Alphabet Austria Fuhrparkmanagement GmbH, 2018)

Trotz der vermutlich großen Heterogenität innerhalb der Gruppe der Silver Drivers, soll diese im ersten Schritt nicht noch enger definiert werden, da die abgefragten soziodemografischen Merkmale nicht charakteristisch genug für diese Nutzergruppe sind. Zielführender wäre an dieser Stelle eine Gruppeneinteilung anhand psychografischer und verhaltensorientierter Merkmale wie Werte, Einstellungen, Konsummuster und vor allem Alltagspraktiken. Da solche bei der Endkundenbefragung nicht abgefragt wurden, könnte dies Gegenstand weiterführender Forschungen sein.

In der Stichprobe besteht die Gruppe der Silver Drivers aus $n = 285$ Personen. Das ergibt eine Gruppengröße in der Grundgesamtheit, der deutschen Bevölkerung, von

N = 20,2 Mio. Personen. Damit liegt die reale Zahl der Silver Drivers in Deutschland 3,5 Millionen über der statistisch ermittelten Gruppengröße.

Die Silver Drivers in dieser Stichprobe sind zwischen 60 und 72 Jahre alt. Dabei war der untere Wert der 60 Jahre per Definition vorgegeben. Die Obergrenze von 72 Jahren liegt darin begründet, dass die ältesten Befragten 72 Jahre alt waren. Das maximale Alter von 72 Jahren kann auch eine Erklärung für die festgestellte Differenz zwischen der tatsächlichen und der statistisch ermittelten Gruppengröße sein.

5.1 Deskriptive Ergebnisse Silver Drivers

Wichtigkeit

Die höchsten Werte für die Wichtigkeit erreichen die Silver Drivers im Szenario Weg zur Arbeit, wobei hier zu beachten ist, dass in diesem Szenario die Rentner nicht befragt wurden (siehe Kapitel 3.2.1.1). Dabei sind ihnen vor allem Pünktlichkeit (*M* = 5.10) und Flexibilität (*M* = 4.51) wichtig. Eher wichtig sind ihnen die Faktoren Komfort (*M* = 4.06), Individualität (*M* = 4.14), Geschwindigkeit (*M* = 3.92) und Kosten (*M* = 4.33). Eher unwichtig ist ihnen der Faktor Exklusivität. Das zweitwichtigste Szenario für die Silver Drivers ist das der Reise. Auffällig ist hier ein im Vergleich zu den übrigen Szenarien und Faktoren hoher Wert für den Faktor Komfort (*M* = 4.27). Dies gilt ebenso für die Wichtigkeit des Faktors Komfort auf dem Weg zum Einkaufen (*M* = 3.94). Die Exklusivität ist über alle Szenarien hinweg am wenigsten wichtig (eher unwichtig). Außerdem liegt die Wichtigkeit der Kosten für alle Szenarien auf einem ähnlich hohen Niveau (*M* = 4.23 – 4.57), die Kosten sind den Silver Drivers also eher wichtig bis wichtig. In Abbildung 9 ist die Wichtigkeit der einzelnen Faktoren für die Silver Drivers in den Szenarien Arbeitsweg, Einkaufen, Freizeit und Reise dargestellt.

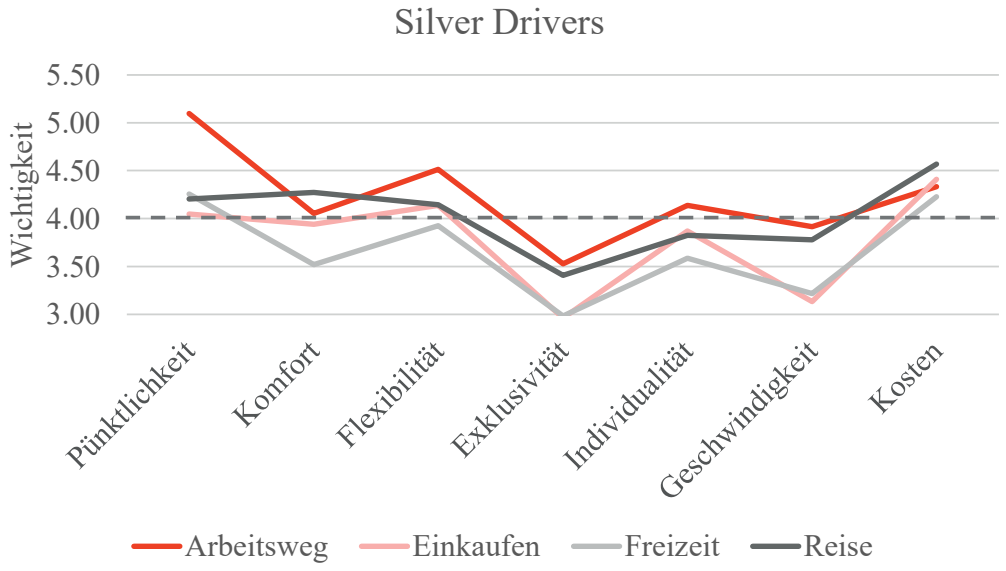


Abbildung 9: Silver Drivers – Wichtigkeit einzelner Faktoren in verschiedenen Szenarien

Zahlungsbereitschaft

Die Wichtigkeit des Arbeitswegs spiegelt sich auch in den Ergebnissen für die Zahlungsbereitschaft der Silver Drivers wider. Diese ist am höchsten für den Arbeitsweg, gefolgt von der Reise, der Freizeit und dem Einkaufen. Auffällig ist vor allem die hohe Zahlungsbereitschaft für die Pünktlichkeit auf dem Weg zur Arbeit, womit deren Wichtigkeit bestätigt wird. Auch die niedrigen Werte für die Wichtigkeit des Faktors Exklusivität werden bestätigt – für diese sind die Silver Drivers in jedem Szenario am wenigsten bereit einen Aufpreis zu bezahlen. Außerdem interessant ist, dass die Zahlungsbereitschaft für den Komfort auf einer Reise am höchsten war. Alle übrigen Faktoren der Szenarien Reise, Freizeitaktivität und Einkaufen liegen auf einem ähnlich niedrigen Niveau, diese stufen die Silver Drivers als eher gering ein. Eine Übersicht über die Zahlungsbereitschaft der Silver Drivers für die einzelnen Faktoren in den verschiedenen Szenarien liefert Abbildung 10.

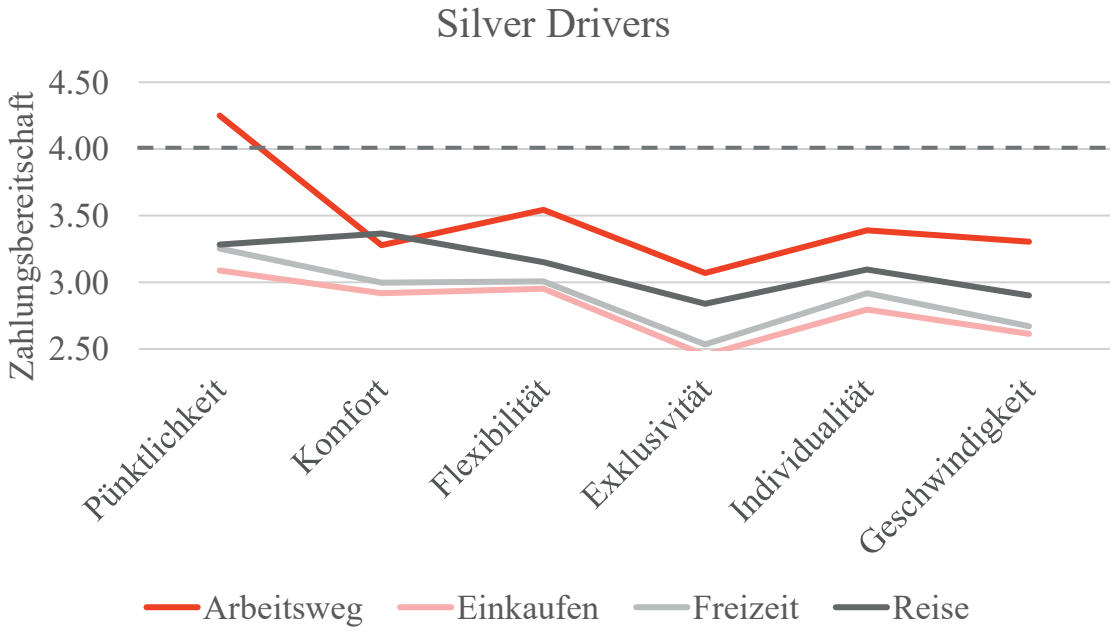


Abbildung 10: Silver Drivers – Zahlungsbereitschaft für einzelne Faktoren in verschiedenen Szenarien

5.2 Silver Drivers im Vergleich zu den übrigen Befragten

Für die Silver Drivers sind wie für die anderen untersuchten Gruppen die Kosten, Pünktlichkeit und Flexibilität am wichtigsten. Auch die Zahlungsbereitschaft ist wie bei den anderen Gruppen am höchsten für Flexibilität und Pünktlichkeit. Die Silver Drivers unterscheiden sich jedoch vor allem in der Höhe der **Zahlungsbereitschaft** sehr stark von den übrigen Befragten. So ist diese in den Szenarien Einkaufen, Freizeit und Reise für fast alle Faktoren signifikant oder hochsignifikant **niedriger**. Auf-

grund des hohen Rentneranteils in dieser Gruppe liegt zuerst die Vermutung des geringeren Einkommens nahe. Das Haushaltsnettoeinkommen der Silver Drivers ist mit $M = 2.92$, niedriger als das der übrigen Befragten ($M = 3.12$)[66]. Das Pro-Kopf-Einkommen der Silver Drivers ist jedoch höher als das Pro-Kopf-Einkommen in den Haushalten der übrigen Befragten, da die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen bei den Silver Drivers ($M = 1.92$) niedriger ist als bei den übrigen Befragten ($M = 2.62$).

Eine andere, vermutlich wahrscheinlichere, Erklärung könnte eine generelle **Skepsis gegenüber dem autonomen Fahren** und technischen Neuentwicklungen im Allgemeinen sein. So gaben nur 22,7% der 60- bis 69-Jährigen nach der Allensbacher Markt- und Werbeträgeranalyse 2020 an, zu versuchen bei technischen Neuentwicklungen immer auf dem Laufenden zu bleiben. Bei den 16- bis 29-Jährigen hingegen waren es ca. 39% (vgl. Institut für Demoskopie Allensbach und Statista GmbH, 2020b). Außerdem sind 39% der über 60-Jährigen generell nicht bereit die Kontrolle an ein autonomes Fahrzeug zu übergeben. Im Vergleich dazu sind es bei den 16- bis 29-Jährigen nur 14%, die das autonome Fahren ablehnen (vgl. Verband der TÜV e.V., 2020, S. 31).

Unabhängig von den Altersgruppen sind, einer Studie der DHBW Ravensburg zufolge, die **Hauptgründe für die Ablehnung von autonomem Fahren** zum einen ein fehlendes Vertrauen in die Technik und zum anderen die Angst vor Manipulationen, wie z. B. durch Hackerangriffe. Außerdem besteht bei Vielen die Befürchtung, dass Autofahren durch autonomes Fahren teurer wird (vgl. Reidel, 2021).

Bezüglich der Zahlungsbereitschaft für autonomes Fahren im Allgemeinen fanden Winkler et al. (2019, S. 10) in einer Studie von Capgemini heraus, dass die über 55-Jährigen nur **7% mehr für autonome Mobilität ausgeben** würden, als sie momentan für ihre Mobilität ausgeben, während die unter 36-Jährigen bis zu 15% mehr ausgeben würden.[67]

Für die Silver Drivers ist die autonome Mobilität also deutlich weniger interessant als z. B. für die Lernenden. Die niedrigere Zahlungsbereitschaft der Silver Drivers zeigt sich in allen Szenarien. Abbildung 11 zeigt dies anhand des Reiseszenarios, für das

[66] Das Haushaltsnettoeinkommen wurde gruppiert abgefragt. Dabei steht 1 für ein Haushaltsnettoeinkommen < 1000 €, 2 für ein Haushaltsnettoeinkommen von 1000 bis 2000 € und 3 für ein Haushaltsnettoeinkommen von 2000 bis 3000 €.

[67] Anmerkung: Diese Studie bezieht sich nicht nur auf Deutschland, sondern beinhaltet auch Daten für China, die USA, Frankreich, das Vereinigte Königreich und Schweden.

bei den Silver Drivers im Vergleich zu den übrigen Szenarien noch eine hohe Zahlungsbereitschaft bestand. Die Niveauunterschiede in der Zahlungsbereitschaft sind hier deutlich sichtbar.

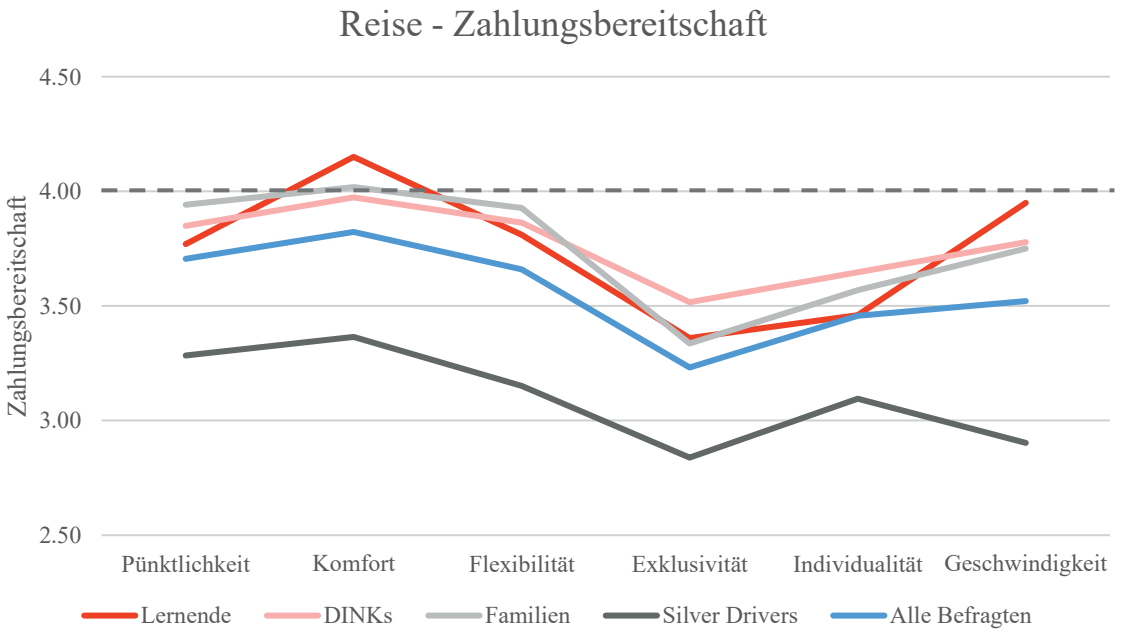


Abbildung 11: Zahlungsbereitschaft der Nutzergruppen im Szenario *Reise* im Vergleich

Um zu erfahren, weshalb die Werte für Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft bei den Silver Drivers so stark von den übrigen Befragten abweichen, müssten qualitative Befragungen durchgeführt werden, welche weiteren Forschungsbedarf darstellen. So könnte z. B. die Definition von Komfort für Silver Drivers eine andere sein oder mit dem Alter eine gewisse Genügsamkeit eintreten.

Silver Drivers entschleunigen

Rentner, welche den Großteil der Silver Drivers ausmachen, sind dem MiD 2017 Ergebnisbericht zufolge ca. drei Stunden pro Tag unterwegs. Davon verbringen sie ca. eine Stunde mit dem Transit zu den verschiedenen Aufenthaltsorten wie Einkaufen oder Freizeitaktivitäten. Die übrigen 21 Stunden werden zuhause verbracht (vgl. Nobis und Kuhnimhof, 2018, S. 66). Sie sind damit deutlich weniger und kürzer unterwegs als die übrigen Gruppen. Silver Drivers haben in der Regel also mehr Zeit, wodurch sie beim Transit nicht mehr so viel Wert auf die Geschwindigkeit legen müssen. Dies zeigt sich auch deutlich in den beobachteten Unterschieden für den Faktor Geschwindigkeit, deren Effektstärken von allen Faktoren am größten sind. Trotz der insgesamt geringeren Werte für Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft der Silver Drivers ist also davon auszugehen, dass ihnen insbesondere die Geschwindigkeit weniger wichtig und weniger wert ist. So ergaben sich mit Effektstärken bis zu

d = -.62 mittlere Unterschiede, was im Vergleich zu den ansonsten schwachen Effekten hoch ist.

Weg zur Arbeit

Auf dem Weg zur Arbeit unterscheiden sich die Silver Drivers noch nicht ganz so stark von den übrigen Befragten wie in den folgenden Szenarien. Auch hier ist wieder festzuhalten, dass sich der Weg zur Arbeit eines Silver Drivers beispielsweise kaum von dem eines Familienvaters unterscheidet, denn Rentner wurden in diesem Szenario nicht berücksichtigt. Nichtsdestotrotz spiegelt sich in den Bewertungen der Wichtigkeit bereits wider, dass den Silver Drivers einige Faktoren unwichtiger sind als den übrigen Befragten. So gehören z. B. Komfort, Geschwindigkeit und Kosten zu den signifikant weniger wichtigen Faktoren in diesem Szenario. Außer der bereits festgestellten Skepsis gegenüber dem autonomen Fahren und der geringeren Relevanz der Geschwindigkeit im Alter sollen an dieser Stelle keine weiteren Erklärungen aufgestellt werden. Dafür ist zu unklar, inwiefern die Ergebnisse der Silver Drivers tatsächlich die Realität abbilden.

Weg zum Einkaufen, Freizeitaktivität und Reise

In diesen Szenarien wurden keine weiteren Tendenzen festgestellt, die nicht schon in den vorangegangenen Absätzen beschrieben wurden.

6 Fazit

Es hat sich gezeigt, dass die Nutzergruppen Lernende, DINKs, Familien und Silver Drivers sich bezüglich einiger Mobilitätsfaktoren unterscheiden. Gänzlich verschieden sind die Nutzergruppen jedoch nicht. So sind den Gruppen stets die gleichen Faktoren am wichtigsten und die Zahlungsbereitschaft ebendiese am höchsten.

Kosten, Flexibilität & Pünktlichkeit an der Spitze

Kosten – Am wichtigsten waren allen Gruppen über alle Szenarien hinweg, mit Ausnahme des Arbeitswegs (hier waren die Kosten am zweitwichtigsten), die Kosten. Das ist nicht verwunderlich, denn auch beim Autokauf gehört das Preis-Leistungsverhältnis zu den wichtigsten Kriterien (vgl. VuMA und Statista GmbH, 2020). **Mobilität ist ein Grundbedürfnis und muss bezahlbar sein.** Insbesondere vor dem Hintergrund der immer weiter steigenden Kosten des Autofahrens (z. B. höhere Kraftstoffkosten, Steuererhöhungen und höhere Kaufpreise) ist die festgestellte Kostensensibilität nachvollziehbar (vgl. Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 2021).

Pünktlichkeit – Dieser Faktor konnte für alle Gruppen als mit Abstand der wichtigste auf dem Weg zur Arbeit identifiziert werden. Dies spiegelte sich auch in der Zahlungsbereitschaft wider. Aber auch in den übrigen Szenarien nahm die Pünktlichkeit

eine wichtige Rolle ein. Die hohe Wichtigkeit und die hohe Bereitschaft einen höheren Preis zu bezahlen für Pünktlichkeit lässt sich anhand der Kulturdimensionen von Hall und Hall (1990) erklären. Demnach gehört Deutschland zu den stark monochronen Kulturen, d.h. Zeit wird als linear wahrgenommen. In monochronen Kulturen wird Zeit so eingeteilt und geplant, dass die Menschen sich auf eine Aufgabe konzentrieren können und nicht mehrere gleichzeitig zu erledigen haben. Der Zeitplan kann Vorrang vor allem anderen haben und zeitliche Verpflichtungen werden sehr ernst genommen (vgl. Hall und Hall, 1990, S. 13ff.). Dies führt dazu, dass den Deutschen Pünktlichkeit sehr wichtig ist, insbesondere im beruflichen Kontext. Die hohe Zahlungsbereitschaft unterstreicht die Wichtigkeit noch einmal.

Das Auto als Symbol für Freiheit und Flexibilität – Laut einer Forsa-Studie im Auftrag von mobile.de denken 87% der Deutschen beim Thema Auto an Flexibilität, 84% denken an Unabhängigkeit (vgl. mobile.de GmbH, 2018). Dies spiegelt sich auch in den Bewertungen für die Skalen Wichtigkeit und Zahlungsbereitschaft für den Faktor Flexibilität wider: Mit Mittelwerten für die Wichtigkeit des Faktors Flexibilität zwischen $M = 3.93$ und $M = 4.81$ ist dieser für alle Gruppen in allen Szenarien wichtig. Gemeinsam mit den Faktoren Kosten und Pünktlichkeit bilden diese die höchsten Wichtigkeiten und Zahlungsbereitschaften ab.

Ergänzt werden die Top 3 (Kosten, Pünktlichkeit und Flexibilität) im Reiseszenario um den Faktor Komfort. Dieser erreicht in allen Gruppen Mittelwerte für die Wichtigkeit zwischen $M = 4.27$ und $M = 4.65$ und gehört damit für das Szenario der Reise zu den am höchsten bewerteten Faktoren, auch in Bezug auf die Zahlungsbereitschaft.

Gegenüber **Individualität** und **Exklusivität** sind die Gruppen allgemein neutral bis schwach positiv eingestellt, sowohl in Bezug auf die Wichtigkeit als auch die Bereitschaft einen höheren Preis zu bezahlen.

Implikationen für Geschäftsmodelle & Nutzergruppen

Diese Beobachtungen legen nahe, dass Kosten, Pünktlichkeit und Flexibilität für eine Akzeptanz durch die Nutzer immer optimiert sein müssen. Dabei stehen Pünktlichkeit und Flexibilität in einem Spannungsverhältnis mit den Kosten. Das zuverlässige Ankommen ohne Wartezeiten sowie die flexible Nutzung des Autos sind Grundvoraussetzung und genau das, was das eigene Auto vor der Haustür heutzutage noch ausmacht. In Zukunft wird es also wichtig sein, genau diese Schlüsselelemente zu sichern und beizubehalten, zu einem Preis, der wenn überhaupt nicht viel höher sein darf als der Preis, der von den Nutzergruppen für die bisherige Mobilität bezahlt wurde, ist doch die Kostenfixierung bei allen Befragten in allen Szenarien sehr ausgeprägt.

Der Wunsch nach Flexibilität und Kostenoptimierung könnte außerdem interessant sein für Betreiber von **Abo-Modellen**. Mit einem kalkulierbaren Preis und der Flexibilität, das Auto nach Bedarf zu wechseln, zielt das Abo-Modell unter anderem genau auf diese Schmerzpunkte der Nutzer ab.

Möchte man **Lernenden** ein Mobilitätspaket anbieten, sollte auf die Geschwindigkeit geachtet werden, da sie auf diese besonderen Wert legen und auch bereit sind, mehr dafür zu bezahlen. Vor allem den Lernenden sollten flexible Gelegenheitsangebote gemacht werden, da sie auch seither schon Mobilitätsangebote wie Carsharing gerne nutzen. Besonders relevant für diese Nutzergruppe sind daher z. B. auch Geschäftsmodelle wie Pay per Use und Pay per Click.

Auch bei den **DINKs** spielt die Geschwindigkeit eine große Rolle, allerdings nicht in allen Bereichen wie bei den Lernenden, sondern vorwiegend in der Freizeit und auf Reisen, weshalb für diese Personengruppe ein entsprechendes Angebot gemacht werden sollte. Auf Reisen weisen die DINKs eine höhere Zahlungsbereitschaft in Bezug auf Geschwindigkeit und Exklusivität auf, was auch anhand anderer Studien bestätigt werden konnte. Geschäftsmodelle wie das Flatrate- oder Abo-Modell sowie ein höchst professionalisierter Betrieb. Das Mobilitätsangebot sollte für den Endkunden möglichst unkompliziert und zeitsparend in Nutzung und Betrieb sein.

Auch **Familien** möchten schnell von A nach B, insbesondere aber zum Einkaufen kommen und sind daher bereit, mehr zu bezahlen. Eine höhere Zahlungsbereitschaft für Komfort und Flexibilität konnte auf dem Weg zum Einkaufen ebenfalls festgestellt werden, was als Potential für Angebote an Familien ausgeschöpft werden sollte. Beim Thema Urlaub kann man Familien insbesondere mit Pünktlichkeit und Geschwindigkeit überzeugen. Der Fokus sollte für diese Gruppe auf Geschäftsmodellen und Angeboten liegen, die den Mobilitätsalltag erleichtern und komfortabler gestalten.

Während es bei den vorangegangenen, jüngeren Gruppen Überschneidungen gibt, müssen die **Silver Drivers** anders abgeholt werden. Der Generation 60+ sind alle Faktoren weniger wichtig als den Jüngeren. Auch wenn ihnen ähnliche Faktoren am wichtigsten sind, so liegt ihre Zahlungsbereitschaft insgesamt auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Weshalb ihre Zahlungsbereitschaft niedriger ist, kann und sollte weiter erforscht werden, um ein ansprechendes Angebot für diese Nutzergruppe zu entwickeln, werden die Silver Drivers doch mit derzeit 20,2 Millionen Menschen demografisch bedingt auch in Zukunft die breiteste Bevölkerungsgruppe ausmachen.

7 Literaturverzeichnis

Alphabet Austria Fuhrparkmanagement GmbH (2018): Die neue Mobilität der Silver Driver. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.alphabet.com/de-at/blog/die-neue-mobilitaet-der-silver-driver (zuletzt aktualisiert am 04.12.2018).

Altenburg, S.; Kienzler, H.-P.; Maur, A. auf der (2018): Einführung von Automatisierungsfunktionen in der Pkw-Flotte. Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.adac.de/-/media/pdf/motorwelt/prognos_automatisierungsfunktionen.pdf.

Boch, R. von (2016): Silver Driver: Die Mobilität der neuen Alten. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/silver-driver-die-mobilitaet-der-neuen-alten/.

Cohen, J. (1988): Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2. Aufl., Hillsdale, NJ: Erlbaum. Online verfügbar unter http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0731/88012110-d.html.

Deutsche Automobil Treuhand GmbH (2021): DAT Report. 3. Pkw-Kauf. Abgerufen am 09.11.2021 von https://report.dat.de/dat-3-pkw-kauf/.

Hall, E. T.; Hall, M. R. (1990): Understanding cultural differences. Intercultural Press, Yarmouth, Me.

Institut für Demoskopie Allensbach; Statista GmbH (2020a): DINKS (Double Income No Kids) in Deutschland zur Häufigkeit der Urlaubsreisen 2020. Abgerufen am 09.11.2021 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/819975/umfrage/dinks-in-deutschland-nach-haeufigkeit-von-urlaubsreisen / (zuletzt aktualisiert am 27.08.2020).

Institut für Demoskopie Allensbach; Statista GmbH (2020b): Umfrage in Deutschland zu zutreffenden konsumbezogenen Eigenschaften 2020 (Alter). Abgerufen am 09.11.2021 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/815607/umfrage/persoenlich-zutreffende-eigenschaften-konsumverhalten-nach-altersgruppen/ (zuletzt aktualisiert am 07.09.2020).

mobile.de GmbH (2018): Undenkbar: ein Leben ohne Auto. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.motor-talk.de/news/undenkbar-ein-leben-ohne-auto-t6404730.html (zuletzt aktualisiert am 26.07.2018).

Nobis, C.; Kuhnimhof, T. (2018): Mobilität in Deutschland. MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur. infas; DLR; IVT; infas 360. Abgerufen am 09.11.2021 von http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf.

Orange YC GmbH (o. J.): Zielgruppe Jugendliche. Abgerufen am 09.11.2021 unter https://erfolgreiches-ausbildungsmarketing.de/zielgruppe-jugendliche/.

Papasabbas, L.; Pfuderer, N. (2021): "New Work. Die Generationn Z in der Arbeitswelt von morgen." Zukunftsinstitut GmbH. Abgerufen am 09.11.2021 von https://karriere.peek-cloppenburg.de/sites/default/files/newwork.pdf.

Pawlik, V. (2020): Statistiken zur Zielgruppe DINKs. Statista GmbH. Abgerufen am 09.11.2021 von https://de.statista.com/themen/4628/dinks-double-income-no-kids-in-deutschland/#dossierKeyfigures.

PricewaterhouseCoopers GmbH (PwC) (2020): Gen Z is Talking. Are you Listening? #3 of PwC Europe Consumer Insights Series. Unter Mitarbeit von Tim Blume, Peter Kauschke, Sevilay Huesman Koecke, Stefanie Raimund und Christoph Stürmer. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/gen-z-is-talking-are-you-listening.pdf.

Reidel, M. (2021): Was für und was gegen autonome Autos spricht. Horizont (Nr. 19/2019). Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.horizont.net/marketing/nachrichten/mobilitaet-der-zukunft-was-fuer-und-was-gegen-autonome-autos-spricht-192213 (zuletzt aktualisiert am 14.06.2021).

Somerville, L. H. (2016): Searching for Signatures of Brain Maturity: What Are We Searching For?. In: Neuron. 92 (6), S. 1164–1167. DOI: 10.1016/j.neuron.2016.10.059.

Statistisches Bundesamt (2020): Gut ein Viertel der 25-Jährigen wohnte 2019 noch im Haus der Eltern. Pressemitteilung Nr. N 045 vom 5. August 2020. Wiesbaden. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/08/PD20_N045_122.html.

Statistisches Bundesamt (2021a): Bevölkerung: Deutschland, Stichtag, Altersjahre. Fortschreibung des Bevölkerungsstandes. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1634676671819&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=12411-0005&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf#abreadcrumb.

Statistisches Bundesamt (2021b): 14. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland. Variante 1: Moderate Entwicklung bei niedrigem Wanderungssaldo (G2L2W1). Altersgruppen: < 16, 16 - 59, > 60+. Abgerufen am 09.11.2021 von https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/index.html#!a=16,60.

Statistisches Bundesamt (2021c): Daten zum durchschnittlichen Alter der Eltern bei Geburt nach der Geburtenfolge für 1. Kind, 2. Kind, 3. Kind der Mutter und insgesamt 2020. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Geburten/Tabellen/geburten-eltern-biologischesalter.html (zuletzt aktualisiert am 16.07.2021).

van den Bos, W.; Rodriguez, C. A.; Schweitzer, J. B.; McClure, S. M. (2015): Adolescent impatience decreases with increased frontostriatal connectivity. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 112 (29), S. 3765–3774. DOI: 10.1073/pnas.1423095112.

Verband der TÜV e.V. (2020): Mobility Studie 2020. Eine repräsentative Befragung der Bevölkerung in Deutschland im Auftrag des TÜV-Verbands. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.tuev-verband.de/?tx_epxelo_file[id]=824708&c.

VuMA; Statista GmbH (2020): Wichtigste Kriterien beim Autokauf in Deutschland in den Jahren 2017 bis 2020. Unter Mitarbeit von V. Pawlik. Abgerufen am 09.11.2021 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171605/umfrage/wichtige-kriterien-beim-autokauf/ (zuletzt aktualisiert am 03.03.2021).

Winkler, M.; Mehl, R.; Erander, H.; Sule, S.; Buvat, J.; KVJ, S.; Sengupta, A.; Khemka, Y. (2019): The autonomous car. A consumer perspective. Capgemini. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2019/05/30min-%E2%80%93-Report.pdf.

Wirtschaftsgesellschaft des Kraftfahrzeuggewerbes mbH (2021): Zahlen und Fakten 2020. Ausgabe 2021. Unter Mitarbeit von Ulrich Köster und Elke Pütz. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.kfzgewerbe.de/verband/zahlen-fakten.

Zukunftsinstitut GmbH (o. J.): Megatrend Silver Society. Abgerufen am 09.11.2021 von https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrend-silver-society/.

Approaches to deal with a Dutch Disease - A Systematic Review

Helena Schulz

PhD candidate at Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Chair of Business Administration, especially Production and Logistics, Feldkirchenstraße 21, 96052 Bamberg, Helena.Schulz@uni-bamberg.de

1 Introduction 370

2 Literature Review 371

3 Methodology 374

4 Results 375

5 Conclusion 381

6 References 382

Abstract:

The Dutch disease model was broadly applied in the past on different countries and causing sources creating revenues (Benjamin et al., 1987; Corden, 2012; Égert, 2012; Fardmanesh, 1991; Larsen, 2006; Niftiyev and Czech, 2020; van der Ploeg and Venables, 2013; Zhang et al., 2021). In reference to the question of how countries and governments can successfully deal with resource deposits, Werner (2012) shows that national resource funds are an opportunity to overcome the possible strongly negative economic development. This presented chapter conducts a systematic literature review with empirical studies that deal with countries facing occurring or possible occurring Dutch disease because of resource deposits like minerals or oil. It shows that, industrial diversification, a favourable business environment, attracted domestic and foreign investment in the industrial and agricultural sectors as well as good institutional quality are recommended to prevent a Dutch Disease.

JEL Classification: H7; N5; O13; Q38

Keyword: Dutch Disease, resources deposits, governmental approaches.

1 Introduction

After the revelation that resource discoveries can lead to deindustrialization of a country, as in the Netherlands, this phenomenon was studied repeatedly. Corden and Neary (1982) formulated this development as Dutch Disease (DD) model in 1982.

The DD examines the economic impact of resource discoveries and their export on the exchange rate, on production of industrial goods and on service sector. In the case of the Netherlands, it was natural gas discoveries that led to specialization in the booming resource sector. The foreign currency coming into the country caused exchange rate to appreciation, making goods in the manufacturing sector more expensive and thus less competitive. This led to lower production, an exodus of workers and, as a result, deindustrialization. (Corden, 1984).

In recent years, there have been repeated resource discoveries or new technological developments that have opened new reserves of raw materials. Therefore, the question arose whether a DD occurs or has to occur in these countries. There was a broad discussion about this in the literature and the model according to Corden and Neary (1982) was developed several times and other triggers were discussed. Various causes of DD have been investigated in the literature. These include natural resources such as oil and minerals, remittance and agricultural goods (Makhlouf, 2013). Agricultural goods in particular have been studied in the literature as a booming sector or as an affected sector (Raju and Melo, 2003).[68, 69] However, despite the scientific discussion with this phenomenon, there is currently no systematized presentation of political options for action when a country explores large new raw material deposits.

In this study, a systematic literature review is conducted. This is done based on four databases. The aim is to contribute to the identification of the possibilities that exist for a country to prevent or remedy DD in the long term in the event of a discovery of raw materials.

A literature search did not find a study specifically on DD of countries with natural resource deposits based on empirical studies that identified the policy action recommendations in the DD literature to address DD[70]. This gap poses the problem that there is no overview of possible actions. For this reason, this study aims to help fill the gap described above.

[68] For the development of DD over the last 40 years, see Mien and Goujon (2021); Boire and Nell (2021).

[69] In recent years, DD has begun to be studied for individual regions e.g. USA Ouedraogo (2016) Canada Papyrakis and Raveh (2014), China Shao et al. (2020).

[70] There are also contributions in the literature that question the existence of the DD, such as Nülle and Davis (2018).

For this purpose, studies that empirically examine countries with natural resource deposits and discuss a DD are used as a basis. This shows which effects and consequences the extraction of raw materials can have and how it can be counteracted to achieve a positive economic development in the long term.

This study examines empirical studies that discuss DD in countries. Countries which also have large resource deposits but do not have DD discussed, suffer from DD, or have resource cures (RC) discussed are not included in the present study. To this end, the following research question will be investigated: How to fight Dutch Disease?

This study is divided into the following points. In the next section, the state of the current literature is described followed by the methodology, before the results and finally the summary follow.

2 Literature Review

In this section, the model of DD is shown over in development as well as an overview of possible courses of action.

In the past, the discovery of large quantities of resources in countries such as the Netherlands through the exploitation of natural gas in the North Sea led to large revenues and subsequently to deindustrialization. This development was described by Corden and Neary (1982) as the Dutch Disease (DD). Besides the countries with negative examples, there are others that have been able to use the export of resources for a positive development[71]. The term “Dutch Disease” and the development were examined and discussed under the terms DD, Resource Curse (RC)[72] and "Paradox of plenty". The term "Resource Curse" is also discussed in the literature and takes a broader approach than DD. DD is often used as a "channel" of RC and refers more to the economic impact of commodity exports. The term "paradox of plenty" is often used synonymously for DD (Benjamin et al., 1987; Corden, 1984; Corden and Neary, 1982; Fardmanesh, 1991; Neary and van Wijnbergen, 1986). It should be noted that DD and RC are also used synonymously in the literature in many cases and the boundaries are not clearly drawn. In delineating the terms, Larsen (2006), in outlining the effects of DD and RC, shows that in DD, the industrial sector is negatively affected and in RC, growth declines. These developments can occur individually and together

[71] Examples of negative development: Netherlands Corden and Neary (1982) or Indonesia Basu and Datta (2007)

Example of positive development: Norway Ramírez-Cendrero and Wirth (2016), Botswana Barczikay et al. (2020)

[72] Based on Auty (1993) and for a meta-study about RC Havranek et al. (2016) and for differentiate RC and DD in the past years Mien and Goujon (2021)

(Larsen, 2006). Based on Corden and Neary's (1982) model, the DD model is understood and examined in this study as the developments in the economic sector of society and its implications. Two effects are defined as the result of commodity export: the Resource Movement Effect (RME) and the Spending Effect (SE). These are described in a small open economy with the industrial producing or tradable sector, the service or non-tradable sector and the booming commodity sector.

The SE describes the development when the revenues of the booming sector are spent by the individuals or the state. Due to the sudden high increase in demand of the tradable sector, the increased demand is covered by imports. The non-tradable sector, on the other hand, which also has increased demand, cannot be increased as quickly. This results in an increase in prices for the services offered. (Hjort, 2006) This process is called indirect deindustrialization. (Corden and Neary, 1982)

The sale of raw materials abroad brings large amounts of foreign currency into the country. When these are exchanged for the national currency, the exchange rate appreciates. As a result, other tradable goods from the industrial and agricultural sectors become more expensive for foreign countries compared to substitutes from abroad, and consequently demand decreases. As a result, labor moves from the industrial sector to the service sector. This development is called RME and represents direct deindustrialization. (Alssadek and Benhin, 2021; Corden and Neary, 1982)

Other authors divide the effects into the windfall effect, SE, RME and combined effect. The windfall effect refers specifically to the inflow of foreign currency into the local currency. Like the combined effect, which refers to the further development of currency strength and the sectors, this can be subsumed under the consequences of commodity exports and the RME and SE. (Marañon and Kumral, 2021)

In addition, the literature describes the learning-by-doing effect. This describes the development when people leave the industrial sector for the booming or service sector so that the knowledge specific to the tradable sector is lost. The result is lower productivity, lower growth and thus negative development in the long term. (Gylfason et al., 1999; Krugman, 1987; Sachs and Warner, 1995; van Wijnbergen, 1984)

In addition to the various effects of DD, the literature has examined the different actions of countries and recommended policy actions.

There has been a broad discussion in the literature about the influence of fiscal policy and the beneficial impact on the economy of a state where there is a booming resource sector. Corden (1984) favours taxation of the booming sector for subsidies to the tradable sector overprotective measures for the tradable sector. Bruno and Sachs; Feltenstein; van Wijnbergen (1982; 1992; 1984) argue against government saving revenues from the booming resource sector and for government recouping from society

through subsidies to invest in the declining sectors. Mien and Goujon (2021) address, based on the described results, for developing countries that it needs a successful tax system in the country. Thus, the money should be used in industries that would not have continued without the commodity boom. In addition, the risk must be included, if the subsidies to the sectors are linked to the revenues, that these fluctuate strongly in accordance with the commodity price. According to Mien and Goujon (2021), the assumption of the first two points is difficult to make in countries with corruption. (Mien and Goujon, 2021, p. 27) In the trade-off between investing and saving commodity revenues, Mien (2021) concludes that the "gradual scaling-up" approach according to Richmond, C., Yackovlev, I. and Yang, S.-C. S. (2015) comparable to the Berg et al. (2013) "sustainable investment" approach is a good option by continuously increasing public revenues. (Berg et al., 2013, p. 122) Funds that are managed independently from the government are mentioned as a possibility for the government to save the revenues. This is only recommended over the option of management by the central bank if future revenues are high. (AfDB/BMGF, 2015) Investment options recommended are physical and human capital specifically public investment for all economic sectors or in exports to support tradable goods. (Mien and Goujon, 2021, p. 30)

In monetary policy, there are different approaches to the effects of flexible exchange rates with flexible money inflows or fixed exchange rates. Edwards and Aoki; J. Peter Neary (1983; 1982) address the different variants of fixed nominal exchange rate and supply and demand of money and the dependent appreciation of the currency as well as possible inflation. Lama and Medina Guzman (2012) examine the advantages and disadvantages of exchange rate devaluation and conclude that even if the fixed exchange rate has positive effects, there may be strong misalignments. As a result, they recommend allowing the exchange rate to appreciate. The various contributions in the literature show the theoretical, empirical and modeled results, but there is still no consensus on an advantageous procedure in the case of DD.

In the literature, the quality of institutions and the need to improve them is also given as a policy recommendation. Ologunde et al. (2020), based on their study of sustainable development in African countries from 1992-2017 and the heavy dependence on oil revenues, recommend that immediate investments in human capital, agriculture and diversification are important to prevent negative impacts. Since these have not yet taken place, they conclude that institutions are not acting.

In this section, the DD model with the effects and the different policy recommendations in this section were described. The following section discusses the methodology of the systematic literature review before describing its results.

3 Methodology

Methodologically, a Systematic Literature Review was chosen to examine the results of different studies in relation to the research question. This was designed and conducted based on Fisch and Block (2018) and following the PRISMA scheme (Page et al., 2021). Four databases were searched (Business Source Ultimate, EconLit, wiso as well as ISI web of knowledge) using Boolean search with the operators “AND” and “OR” in German and English as well as the following terms and their synonyms: Dutch Disease, paradox of plenty, resource curse, empirical, natural resources, economic development, country-based studies and policy recommendations. The search was conducted in the databases Business Source Ultimate, EconLit between 18 to 31.10.2021, in the database "wiso" between 01 to 13.11.2021 and between 10 to 11.01.2022 research "web of science". The supplementary hand search was conducted from 10.-21. October and 14.-30. November 2021. In this search, 136 studies were identified in the databases and 31 studies were identified through the hand search. In a first selection process, the studies were categorized into "included", "excluded" and "uncertain" based on the title, abstract and keywords following Vesco et al. (2020). If a publication did not have an abstract or keywords, the text was included. Studies in the third category were re-examined based on the text. These were included or excluded based on the defined search criteria, so that duplicate studies, studies that did not do the economic investigation or empirical studies that did a qualitative investigation (n=1) were also excluded. Only journal articles were used to ensure the quality of the studies was verified. In this process, 154 studies including duplicate studies were excluded. For the data, e.g. panel data, time series data and different models were included for evaluation to achieve a broader data base. The basis for the analysis was 18 studies.

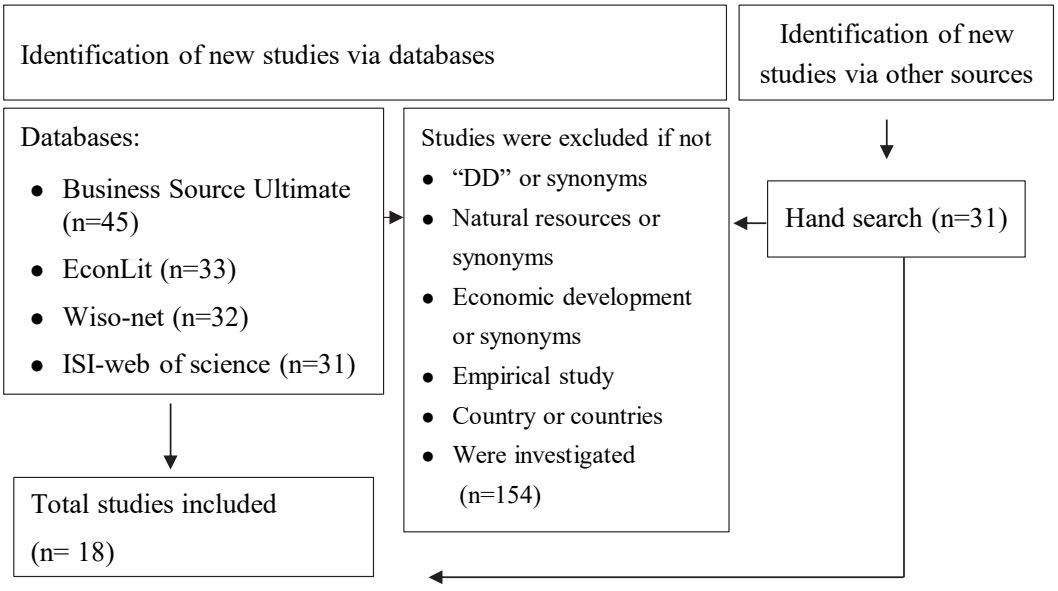


Figure 1: Flow diagram (following Page et al., 2021)

4 Results

The following section shows the results of the systematic literature review. Table 1 shows the studies reviewed with the effects examined in each and policy topics and recommendations therein. The studies are ordered by the number of countries examined, the commodities, the basis for examining DD, and, for the case studies, alphabetically by continent. The table shows that the studies mostly focused on either the RME and SE or monetary and fiscal policy. At the same time, the quality of institutions was included and examined in individual studies.

The studies show a mixed picture on the arrival of the RME and SE. Larsen (2006) observed only a small labor movement. Boire and Nell (2021) also show that the commodity sector and local suppliers want to work together, especially in the future, to contribute to mutual success. In addition, the manufacturing and service sector in Chile shows positive effects from the booming sector, so that despite high expenditures indicating DD, positive development can be achieved through cooperation between the sectors and fiscal management (Marañon and Kumral, 2021).

In the studies that examined several countries, Karamelikli et al. (2017) found a negative impact on the tradable sector due to the commodity boom and increased spending, more was imported into the countries (SE). In addition to Karamelikli et al. (2017), Allegret and Benkhodja; Alssadek and Benhin (2014; 2021) also find confirmation of DD due to SE. Allegret and Benkhodja (2014) observe only a slight change in the tradable sector with wages. In contrast, Alssadek and Benhin (2021) find the migration of labor from the manufacturing and agriculture sectors to the booming sector. Contradicting the theory, however, they also find a migration of labor from the service sector to the booming sector, as the latter also declines during the boom. Alssadek and Benhin; Taiebnia, Ali and Shakeri, Gity (2021; 2012) find in the oil-producing countries studied, compared to the non-high oil-producing countries, the price of oil and thus the booming sector causes the other sectors to shrink. However, they see only limited confirmation of the DD hypothesis, since the booming sector does have a strong negative impact on the manufacturing and agriculture sector. Contrary to the hypothesis, however, the boom also has a slightly negative impact on the service sector (Taiebnia, Ali and Shakeri, Gity, 2012). The study by Gerelmaa and Kotani (2016), which conducted the most comprehensive study of commodity-rich and non-commodity-rich countries with 182 countries, and thus, like Hiroyuki Taguchi and Ni Lar (2016), again included some countries that had already been studied, show high commodity dependence of countries from 1970 to 1990 led to low growth. In comparison, the period from 1990 to 2010 is also examined. The result is that when countries such as Indonesia build a strong tradable sector, these countries were able to overcome DD. In addition, the authors found confirmation that DD can

be a problem for countries in the short term but can be overcome in the long term with good management (Gerelmaa and Kotani, 2016).

12 of the selected studies examine monetary and fiscal policy. Basu and Datta (2007) examined the influence of the exchange rate. In the case of monetary policy, Allegret and Benkhodja (2014) conclude that it is best to formulate a separate inflation and exchange rate rule for each country for successful management, as they find countries for both rules where they are more advantageous. (Allegret and Benkhodja, 2014) Rosa (2007) suggests based on his research, that the increased exchange rate and the resulting burden on companies helps the tradable sector to adjust and become more competitive. He divides the companies into three categories according to their productivity and assumes that they export to the industrialized countries, the Commonwealth of Independent States CIS countries and non-exporting companies from Russia. (Rosa, 2007) Boire and Nell (2021) find for Mali, on the one hand, an appreciation of the exchange rate and a decrease in the manufacturing sector due to the export and sale of raw materials. On the other hand, they find the effect of the real exchange rate is a possibility in that the commodity sector can support the tradable sector in the long run, but do not justify this further (Boire and Nell, 2021, p. 1). Alssadek and Benhin (2021) find confirmation for the DD model in that the boom leads to an appreciation of the exchange rate and decline in the tradable sector of the manufacturing and agricultural sectors (Alssadek and Benhin, 2021, p. 10). Saibu and Oladeji (2008) examine expected and unexpected policy shocks, focusing on monetary and fiscal policy. They found no positive impact of expected shocks on economic outcomes. Raju and Melo (2003) also examine monetary and fiscal policy for the occurrence of DD.

In examining fiscal policy, a particular focus is on human capital. Shittu et al. examine human capital for its impact on growth and find an inconsistent but rather negative result. In examining human capital on foreign direct investment (FDI), they find that human capital can mitigate the negative impact on economic development. (Shittu et al., 2021, p. 1) Marañon and Kumral (2021) conclude that the manufacturing and service sector could benefit from the booming sector through fiscal management such as investment, funds and cooperation. Coury, Tarek and Dave, Chetan (2010) found when government institutions invested in the diversification of the tradable sector, it had a strong negative significant effect from 1980 to 2005. In addition, they found a "negative, long-run impact of inflation on growth" (Coury, Tarek and Dave, Chetan, 2010, p. 25).

Butkiewicz and Yanikkaya (2010) and Saibu and Oladeji (2008) also examine the influence of institutions. The latter found that Nigeria's economic openness caused a decrease in the effectiveness of policies, which in turn caused a decrease in trust in politics. (Saibu and Oladeji, 2008) Shittu et al. (2021) examine institutional quality,

find when it is measured aggregately a negative impact and when the metrics are measured individually mixed results on growth. When examined together with FDI, they find that institutions can positively influence the long-term negative impact of FDI on growth. In addition, institutional quality together with commodity endowment has a positive impact on economic development. (Shittu et al., 2021) Hiroyuki Taguchi and Ni Lar (2016) also examine the quality of institutions from 1996 to 2015 and find improvement in oil-selling countries such as Iraq, Quatar and Saudia Arabia. They also find this in countries with less dependence on the commodities such as Lao PDR, Myanmar and Vietnam. (Hiroyuki Taguchi and Ni Lar, 2016, p. 37)

Author	Country, Continent	Resources	RME and SE	Monetary and fiscal policy	Institutional quality
Case Studies					
Saibu and Oladeji (2008)	Nigeria, Africa	Oil		X	X
Hasanov et al. (2019)	Azerbaijan, Asia	Oil		X	
Basu and Datta (2007)	Indonesia, Asia	Oil		X	
Rosa (2007)	Russia, Asia	Oil	X	X	
Larsen (2006)	Norway, Europe	Oil	X		
Boire and Nell (2021)	Mali, Africa	Gold	X	X	
Marañon and Kumral (2021)	Chile, Latin America	Copper	X	X	
Raju and Melo (2003)	Colombia, Latin America	Coffee		X	
Several Countries					
Coury, Tarek and Dave, Chetan (2010)	Gulf region (GCC), Asia	Oil		X	
Karamelikli et al. (2017)	OPEC, Africa, Asia, Latin America	Oil	X		
Allegret and Benkhodja (2014)	Selected oil exporting countries, Africa, Asia, Latin America, North America	Oil	X	X	

Taiebnia, Ali and Shakeri, Gity (2012)	Selected oil producing and non-oil producing countries, Asia, Latin America	Oil	X		
Alssadek and Benhin (2021)	Oil rich countries, Europe and North America, MENA, Asia and Pacific, Latin America and Sub-Sahara Africa	Oil	X	X	
Taguchi and Khinsamone (2018)	ASEAN, Asia	Oil, gas and mining			
Shittu et al. (2021)	Partly MENA-region, Africa, Asia	Natural resources		X	X
Hiroyuki Taguchi and Ni Lar (2016)	"Asian Economies", Asia	Oil, natural gas and coal	X		X
Butkiewicz and Yan-ikkaya (2010)	100+ developed and developing countries	Minerals		X	X
Gerelmaa and Kotani (2016)	182 developed and developing countries worldwide	Natural resources	X		

Table 1: Investigated studies and DD effects

In the studies, policy recommendations were given, which are summarized and systematized in the following. These, together with the positive developments from the studies, result in the recommendations to take action against an impending DD or to prevent a DD. The policy recommendations of the selected studies are presented in the following section.

Since economics and the various options for government action to mitigate or prevent DD from arising directly interact with monetary and fiscal policy, this section examines them together based on the issues they address.

In the policy implications of Karamelikli et al. (2017), the manufacturing sector is specifically motivated with tradable goods. Taguchi and Lar (2016) are also in favour of diversifying the tradable sector by improving the business environment. The policy implications examined by the studies fall into two categories. They concern the business trading environment and the quality of institutions. First, the business environment is understood as the factor influencing labor as a central prerequisite for the growth of the manufacturing sector (Hasanov et al., 2019). Larsen (2006) describes the successful implementation in Norway, where the manufacturing sector was made the wage-leading sector by the government together with the employers. The goal was to prevent the booming sector from becoming the wage-earning sector, thereby triggering further mechanisms of DD. (Larsen, 2006) This point is later also repeatedly summarized under the term human capital.

The literature often recommends the development of human capital and infrastructure, as well as the establishment of a fund (Werner, 2012). Alssadek and Benhin (2021) are particularly in favour of domestic investment in the tradable sector (manufacturing and agriculture). At the same time, if the tradable sector is regressing, they recommend attracting FDI "by lowering the cost of doing business, developing their institutional quality by reducing corruption and rent-seeking activities and making the rule of law more effective, as well as enhancing labor productivity by increasing investment in education and health." (Alssadek and Benhin, 2021, p. 10) Basu and Datta (2007) conclude that tax subsidies policies are beneficial in using remittance to support tradable sector development. Saibu and Oladeji (2008) also describe that it is essential to adjust the openness of the economy, to the degree of development, otherwise there may be negative effects on the economy. Boire and Nell (2021) add that it is important to consider the stage of the economy and whether the pace of mechanization should be slower or faster.

The country's infrastructure is often linked to the topic of funds in the literature, through which the further development of infrastructure can be financed through investments. These funds are centrally designed to ensure that revenues are regulated so that SE does not occur. (Raju and Melo, 2003) These are described by Basu and Datta; Boire and Nell; Larsen; Marañon and Kumral; Werner (2007; 2021; 2006; 2021; 2012) describe the extent to which these have been implemented and that they have also been positive for development. The funds are to be used to develop roads, health care, schools, energy supply, public transport, water and labor skills to support the tradable sector. (Alssadek and Benhin, 2021; Basu and Datta, 2007; Boire and Nell, 2021; Karamelikli et al., 2017) Basu and Datta (2007) describe, in addition, "labor-intensive technologies" (p. 24) have been used in rural development in Indonesia to create jobs there. Larsen (2006) emphasizes that in the development of the public sector, this should be done to improve the working conditions of women. The aforementioned measures are also identified for the development of human capital and its retention in the country by Shittu et al. (2021) as an essential factor to ensure workers stay in the countries and do not migrate.

Larsen (2006) and Hasanov et al. (2019) show in Norway and Azerbaijan, an important component of the funds were also revenue saving and strict fiscal discipline. The goal was to pay off debt and build up savings in the event of a commodity price shock. Karamelikli et al. (2017) proposed for OPEC to share oil and non-oil revenues in the state budget to achieve less dependence.

In addition to strengthened human capital and a diversified economy, Alssadek and Benhin; Basu and Datta; Butkiewicz and Yanikkaya; Hiroyuki Taguchi and Ni Lar; Karamelikli et al. (2021; 2007; 2010; 2016; 2017) mention the institutional quality that can be improved. Rosa (2007) specifically addresses the reduction of judicial

corruption for a stronger orientation toward developed countries and sees this supported by resource abundance at the same time. Shittu et al. (2021) support this and recommend for more rule of law "via property rights and contract enforcement as well as enhancing the culture of accountability" (Shittu et al., 2021, p. 18). Taguchi and Khinsamone (2018) aim for less dependence through increased quality of institutions. At the same time, according to Boire and Nell (2021), the government should support backward linkages between the booming and manufacturing sectors for positive economic development.

Allegret and Benkhodja (2014) examine the effectiveness of influencing inflation or the exchange rate to prevent or mitigate DD. Raju concludes that a flexible exchange rate is beneficial, in contrast to Alssadek and Benhin (2021), who are in favour of minimizing exchange rate appreciation. Rosa (2007) concludes that to support companies, fewer regulations should be imposed on them to facilitate their orientation to developed countries.

Author	**Economic recommendation**	**Monetary and fiscal policy**	**Institutional recommendation**
Case Studies			
Saibu and Oladeji (2008)		X	X
Hasanov et al. (2019)	X	X	X
Basu and Datta (2007)		X	
Rosa (2007)			X
Larsen (2006)	X	X	X
Boire and Nell (2021)	X	X	X
Marañon and Kumral (2021)		X	
Raju and Melo (2003)		X	
Several Countries			
Coury, Tarek and Dave, Chetan (2010)	X		
Karamelikli et al. (2017)	X	X	X
Allegret and Benkhodja (2014)		X	
Taiebnia, Ali and Shakeri, Gity (2012)			

Alssadek and Benhin (2021)	X	X	X
Taguchi and Khinsamone (2018)		X	X
Shittu et al. (2021)		X	X
Hiroyuki Taguchi and Ni Lar (2016)			X
Butkiewicz and Yanikkaya (2010)			X
Gerelmaa and Kotani (2016)			

Table 2: Policy implications

5 Conclusion

Since the formulation of the DD model in 1982 by Corden and Neary (1982), there have been discussions in the literature about the various effects and implications to newly developed natural resource deposits. In this chapter, the results are presented and limitations and future research needs are identified.

The goal of this systematic literature review is to identify ways in which DD can be addressed. The results show that for this purpose, diversification of industrial enterprises, support of the state for a favourable business environment through infrastructure and trained human capital as well as attracted domestic and foreign investment in the industrial and agricultural sectors are recommended. The investments for this can be made from the funds, some of which are also used to regulate the revenues. The regulation of the income, which is not to be exchanged directly from the foreign currency into the domestic currency, is with it then, the exchange rates does not rise and the RME and SE is released. At the same time, it is important for countries to achieve a sustainable approach as described by Richmond, C., Yackovlev, I. and Yang, S.-C. S. (2015) between investing and saving as well as repaying debt as described by Larsen (2006). This is complemented by the institutional quality, which is often mentioned together with the previous points, to fight against DD and corruption.

The literature to date addresses the developments in theory and the various effects. However, there is still no overview of the policy implications given based on the experiences from other countries. The results of the present study confirm the Corden and Neary (1982) model of DD and shows the options for action when raw material depletion occurs. The results can be used by countries that make new resource discoveries or are able to develop new sources of raw materials due to technological innovations to help mitigate the occurrence of DD.

The limitations of this systematic literature review are the number of studies examined. For future studies it is essential to investigate the different effects and their influence on the effectiveness of the individual policy measures, how they affect developed and developing countries and to what extent the commodity or associations such as OPEC affect the effects and the political options for action of DD.

This paper examines the options for action when a country is dependent on natural resources. When a country develops new raw materials, it is essential to prevent the RME and SE so that deindustrialization does not follow. To do this, the literature recommends diversifying the tradable sector, regulating revenues through resource discoveries and using a sustainable development strategy to pay off debt with funds, saving money, paying attention to how the exchange rate is moving and that this does not negatively impact the economy. At the same time, investments can be made in infrastructure and human capital, as well as institutional quality can be improved.

6 References

AfDB/BMGF (2015): Natural Resource Revenues and Macroeconomic Policy Choices, African Development Bank and Bill & Melinda Gates Foundation.

Allegret, J.-P. and Benkhodja, M. T. (2014): THE DUTCH DISEASE EFFECT IN HIGH VS LOW OIL DEPENDENT COUNTRIES. In: Energy studies review, vol. 21, no. 2, pp. 33–75.

Alssadek, M. and Benhin, J. (2021): Oil boom, exchange rate and sectoral output: An empirical analysis of Dutch disease in oil-rich countries. In: Resources Policy, vol. 74, p. 102362.

Auty, R. (1993): Sustaining Development in Mineral Economies: The Resource Curse Thesis. London, Routledge.

Barczikay, T., Biedermann, Z. and Szalai, L. (2020): An investigation of a partial Dutch disease in Botswana. In: Resources Policy, vol. 67, p. 101665.

Basu, S. and Datta, D. (2007): India–Bangladesh Trade Deficit and Misaligned Bilateral Exchange Rate: Can Bangladesh Draw Lessons from Indonesia? In: Journal of the Asia Pacific Economy, vol. 12, no. 1, pp. 76–102.

Benjamin, N. C., Devarajan, S. and Weiner, R. J. (1987): THE 'DUTCH' DISEASE IN A DEVELOPING COUNTRY*: Oil Reserves in Cameroon. In: Journal of Development Economics, vol. 30, no. 1, pp. 71–92.

Berg, A., Portillo, R., Yang, S.-C. S. and Zanna, L.-F. (2013): Public Investment in Resource-Abundant Developing Countries. In: IMF Economic Review, vol. 61, no. 1, pp. 92–129.

Boire, S. and Nell, K. S. (2021): The enclave hypothesis and Dutch disease effect: A critical appraisal of Mali's gold mining industry. In: Resources Policy, vol. 74.

Bruno, M. and Sachs, J. (1982): Energy and Resource Allocation: A Dynamic Model of the "Dutch Disease". In: The Review of Economic Studies, vol. 49, no. 5, p. 845.

Butkiewicz, J. L. and Yanikkaya, H. (2010): Minerals, Institutions, Openness, and Growth: An Empirical Analysis. In: Land Economics, vol. 86, no. 2, pp. 313–328.

Corden, W. M. (1984): BOOMING SECTOR AND DUTCH DISEASE ECONOMICS: SURVEY AND CONSOLIDATION. In: Oxford Economic Papers, vol. 36, no. 3, pp. 359–380 [Online]. DOI: 10.1093/oxfordjournals.oep.a041643.

Corden, W. M. (2012): The Dutch Disease in Australia: Policy Options for a Three-Speed Economy. In: Australian Economic Review, vol. 45, no. 3, pp. 290–304, 2012.

Corden, W. M. and Neary, J. P. (1982): Booming Sector and De-Industrialisation in a Small Open Economy. In: The Economic Journal, vol. 92, no. 368, pp. 825–848.

Coury, T. and Dave, C. (2010): Oil, Labor Markets, and Economic Diversification in the GCC: An Empirical Assessment. In: Topics in Middle Eastern and North African Economies, vol. 12 [Online]. Retrieved from http://www.luc.edu/orgs/meea/.

Edwards, S. and Aoki, M. (1983): Oil export boom and Dutch-disease: A dynamic analysis. In: Resources and Energy, vol. 5, no. 3, pp. 219–242.

Égert, B. (2012): Dutch Disease in the post-soviet countries of Central and South-West Asia: How contagious is it?. In: Journal of Asian Economics, vol. 23, no. 5, pp. 571–584.

Fardmanesh, M. (1991): Dutch disease economics and oil syndrome: An empirical study. In: World Development, vol. 19, no. 6, pp. 711–717.

Feltenstein, A. (1992): Oil prices and rural migration: the Dutch disease goes south. In: Journal of International Money and Finance, vol. 11, no. 3, pp. 273–291.

Fisch, C. and Block, J. (2018): Six tips for your (systematic) literature review in business and management research. In: Management Review Quarterly, vol. 68, no. 2, pp. 103–106 [Online]. DOI: 10.1007/s11301-018-0142-x.

Gerelmaa, L. and Kotani, K. (2016): Further investigation of natural resources and economic growth: Do natural resources depress economic growth? In: Resources Policy, vol. 50, pp. 312–321.

Gylfason, T., Herbertsson, T. and Zoega, G. (1999): A MIXED BLESSING. In: Macroeconomic Dynamics, vol. 3, no. 2, pp. 204–225.

Hasanov, F. J., Mikayilov, J. I., Yusifov, S., Aliyev, K. and Talishinskaya, S. (2019): The Role of Social and Physical Infrastructure Spending in Tradable and Non-tradable Growth. In: Contemporary Economics, vol. 13, no. 1, pp. 79–98 [Online]. DOI: 10.5709/ce.1897-9254.300.

Havranek, T., Horvath, R. and Zeynalov, A. (2016): Natural Resources and Economic Growth: A Meta-Analysis. In: World Development, vol. 88, pp. 134–151.

Hjort, J. (2006): Citizen funds and Dutch Disease in developing countries. In: Resources Policy, vol. 31, no. 3, pp. 183–191.

Karamelikli, H., Akalin, G. and Arslan, U. (2017): Oil exports and non-oil exports. In: Journal of Economic Studies, vol. 44, no. 4, pp. 540–551.

Krugman, P. (1987): The narrow moving band, the Dutch disease, and the competitive consequences of Mrs. Thatcher. In: Journal of Development Economics, vol. 27, no. 1-2, pp. 41–55.

Lama, R. and Medina Guzman, J. P. (2012): Is Exchange Rate Stabilization an Appropriate Cure for the Dutch Disease?. In: International Journal of Central Banking, vol. 8, no. 1, pp. 5–46.

Larsen, E. R. (2006): Escaping the Resource Curse and the Dutch Disease? When and Why Norway Caught up with and Forged Ahead of Its Neighbors. In: American Journal of Economics and Sociology, vol. 65, no. 3, pp. 605–640.

Makhlouf, F. (2013): Dutch Disease Meta Analysis. Centre d'Analyse Théorique et de Traitement des données économiques, CATT WP 8.

Marañon, M. and Kumral, M. (2021): Empirical analysis of Chile's copper boom and the Dutch Disease through causality and cointegration tests. In: Resources Policy, vol. 70, p. 101895.

Mien, E. and Goujon, M. (2021): 40 Years of Dutch Disease Literature: Lessons for Developing Countries. In: Comparative Economic Studies, pp. 1–33.

Neary, J. P. (1982): Real and Monetary Aspects of the 'Dutch Disease', UCD Centre for Economic Research, Working Paper Series 5 [Online]. Retrieved on 21 May 2021 from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-17919-0_12.

Neary, J. P. and van Wijnbergen, S. (1986): Natural resources and the macroeconomy [Online]. The MIT Press, Cambridge, MA. Retrieved from https://www.osti.gov/biblio/6881663.

Niftiyev, I. and Czech, K. (2020): Dutch Disease Perspective on Vegetable Exports in the Azerbaijan Economy. In: Journal of Applied Economic Sciences, vol. XV, 4 (70), pp. 813–827.

Nülle, G. M. and Davis, G. A. (2018): Neither Dutch nor disease?—natural resource booms in theory and empirics. In: Mineral Economics, vol. 31, 1-2, pp. 35–59.

Ologunde, I. A., Kapingura, F. M. and Sibanda, K. (2020): Sustainable Development and Crude Oil Revenue: A Case of Selected Crude Oil-Producing African Countries. In: International journal of environmental research and public health, vol. 17, no. 18.

Ouedraogo, A. (2016): Local economic impact of boom and bust in mineral resource extraction in the United States: A spatial econometrics analysis. In: Resources Policy, vol. 50, pp. 292–305.

Page, M. J., Moher, D. and McKenzie, J. E. (2021): Introduction to PRISMA 2020 and implications for research synthesis methodologists. In: Research synthesis methods.

Papyrakis, E. and Raveh, O. (2014): An Empirical Analysis of a Regional Dutch Disease: The Case of Canada. In: Environmental and Resource Economics, vol. 58, no. 2, pp. 179–198.

Raju, S. S. and Melo, A. (2003): Money, real output, and deficit effects of coffee booms in Colombia. In: Journal of Policy Modeling, vol. 25, no. 9, pp. 963–983.

Ramírez-Cendrero, J. M. and Wirth, E. (2016): Is the Norwegian model exportable to combat Dutch disease?. In: Resources Policy, vol. 48, pp. 85–96.

Richmond, C., Yackovlev, I. and Yang, S.-C. S. (2015): Investing Volatile Resource Revenues in Capital-Scarce Economies. In: Pacific Economic Review, vol. 20, no. 1, pp. 193–221.

Rosa, D. de (2007): Do Institutions Matter for Exporting? The Case of Russian Manufacturing. In: Applied Economics Quarterly (formerly: Konjunkturpolitik), vol. 53, no. 2, pp. 119–164.

Sachs, J. and Warner, A. (1995): Natural Resource Abundance and Economic Growth.

Saibu, M. O. and Oladeji, S. I. (2008): Openness and the Effects of Fiscal and Monetary Policy Shocks on Real Output in Nigeria (1960-2003)*. In: African Development Review, vol. 20, no. 3, pp. 529–548.

Shao, S., Zhang, Y., Tian, Z., Li, D. and Yang, L. (2020): The regional Dutch disease effect within China: A spatial econometric investigation. In: Energy Economics, vol. 88, p. 104766.

Shittu, W. O., Musibau, H. O. and Jimoh, S. O. (2021): The complementary roles of human capital and institutional quality on natural resource - FDI—economic growth Nexus in the MENA region. In: Environment, Development and Sustainability.

Taguchi, H. and Khinsamone, S. (2018): Analysis of the 'Dutch Disease' Effect on the Selected Resource-Rich ASEAN Economies. In: Asia & the Pacific Policy Studies, vol. 5, no. 2, pp. 249–263.

Taguchi, H. and Lar, N. (2016): The Resource Curse Hypothesis Revisited: Evidence from Asian Economies. In: Bulletin of Applied Economics, vol. 3, no. 2, pp. 31–42.

Taiebnia, A. and Shakeri, G. (2012): The Impact of Oil Price Rise on Industrial Production. In: Iranian Economic Review (IER), vol. 17, no. 1, pp. 13–31.

van der Ploeg, F. and Venables, A. J. (2013): Absorbing a windfall of foreign exchange: Dutch disease dynamics. In: Journal of Development Economics, vol. 103, pp. 229–243.

van Wijnbergen, S. (1984): The ‘Dutch Disease’: A Disease After All?. In: The Economic Journal, vol. 94, no. 373, p. 41.

Vesco, P., Dasgupta, S., Cian, E. de and Carraro, C. (2020): Natural resources and conflict: A meta-analysis of the empirical literature. In: Ecological Economics, vol. 172, p. 106633.

Werner, J. (2012): Revenues from National Resource Taxation – both a blessing and a curse. In: Werner, J., Sucky, E., Biethahn, N. and Grube, G. (eds), Mobility in a Globalised World. Bamberg, pp. 65–70.

Zhang, W.-W., Sadiq, R., Khan, T. M. and Khan, M. M. (2021): Policy implications of remittances, trade liberalization and Dutch disease – A comparative analysis based on income categorization. In: Resources Policy, vol. 72, p. 102088.

University
of Bamberg
Press

The term mobility has different meanings in the following science disciplines. In economics, mobility is the ability of an individual or a group to improve their economic status in relation to income and wealth within their lifetime or between generations. In information systems and computer science, mobility is used for the concept of mobile computing, in which a computer is transported by a person during normal use. Logistics creates by the design of logistics networks the infrastructure for the mobility of people and goods. Electric mobility is one of today's solutions from an engineering perspective to reduce the need of energy resources and environmental impact. Moreover, for urban planning, mobility is the crunch question about how to optimize the different needs for mobility and how to link different transportation systems. In this publication we collected the ideas of practitioners, researchers, and government officials regarding the different modes of mobility in a globalised world, focusing on both domestic and international issues.



ISBN 978-3-86309-861-2
9 783863 098612
www.uni-bamberg.de/ubp/