

ZEITSCHRIFT FÜR STADT-, REGIONAL- UND LANDESENTWICKLUNG

Neues Archiv für Niedersachsen

Digitale Innovationen in Niedersachsen

1 | 2024



Neues Archiv für Niedersachsen
1/2024

Digitale Innovationen
in Niedersachsen



Editorial	1
-----------	---

SCHWERPUNKT

Kilian Bizer | Philipp Bäumle

Das ZDIN aus innovationspolitischer Perspektive – ein neuartiges Instrument für den Wissenstransfer	3
--	---

Lukas Häfner | Rolf Sternberg

Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen – und wie könnte dieser verringert werden?	19
---	----

Dagmar Krefting | Oliver Bott | Bart Jan de Noord | Thomas M. Deserno | Ursula Hübner | Frauke Koppelin | Michael Marscholke | Bodo Rosenhahn | Christoph Rußmann | Ramin Yahyapour

Das Zukunftslabor Gesundheit Die Potenziale der digitalen Transformation für eine bessere Gesundheit nutzen	37
---	----

Lars Everding | Louisa Krüger | Thomas Vietor | Torben Hegerhorst | Roman Henze | Christian Raulf

autoMoVe Dynamisch konfigurierbare Fahrzeugkonzepte für den nutzungsspezifischen autonomen Fahrbetrieb	50
--	----

Astrid Nieße | Laura Niemann | Tobias Grimm | Sebastian Lehnhoff

Das Zukunftslabor Energie Digitalisierung im Fokus	63
--	----

Antonia Altendorf | Jannike Illing | Melanie Malczok | Wilko Heuten | Martin Kuhlmann | Susanne Boll

Mitgestaltung organisieren: Wie Digitalisierung gelingt Arbeitssoziologie, Informatik und Kommunikationswissenschaften im Dialog	78
--	----

»Gemeinsam müssen wir den Transfer für Innovationen verbessern!« Interview mit Prof. Dr. Joachim Schachtner, Staatssekretär im Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (NMWK)	106
--	-----

PRO & CONTRA

Bürokratieabbau auf allen staatlichen und kommunalen Ebenen ist dringend erforderlich, um die Entwicklung unseres Landes voranzubringen

Inhalt

Volker Müller
Pro 114

Axel Priebes
Contra 115

AUS WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG

Mit dem ALR-Hochschulpreis ausgezeichnete Arbeiten 117

Jonas Berndmeyer
**GIS-basierte Analyse von Nachnutzungsstrategien
für Biogasanlagen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff
in Niedersachsen** 119

Julia Theis
Wiederaufbau in einer Todeszone?
Wie lebt das Ahrtal in Zukunft? 124

Steffen Spiegel
Wie wird die Aller zum touristischen Zielgebiet? 129

REZENSIONEN

Rezensent: Hansjörg Küster

Der Dichter und der Verlag des Landes Braunschweig. (Anne Petersen
[Hrsg.]: Wilhelm Raabe: Der Briefwechsel mit dem Verlag Westermann
[1857–1910]). 135

Individuelles und Generelles zu Wäldern und Bäumen. (Helmut
Schreier: Unter Bäumen. European Essays on Nature and Landscape). 136

Eine ungewöhnliche Ortschronik. (Bodo Zehm: Landschaft erzählt
Geschichte: Ein Dorf im Wiehengebirge. 800 Jahre Hustädte). 137

DIE AKTUELLE KARTE

Hans-Ulrich Jung
Hochqualifizierte Beschäftigung in Deutschland 139

Nachruf Hansjörg Küster 142

Autorenverzeichnis 144

Redaktion 150

Lektorat 151

Impressum 152

Editorial

Kaum ein Begriff erscheint in öffentlichen und politischen Diskussionen so omnipräsent wie »Digitalisierung«. Die digitale Transformation von Kommunikations-, Produktions- und Konsummustern durchzieht nahezu alle Bereiche des privaten, beruflichen und öffentlichen Lebens. Als maßgebliche Komponente der insbesondere auf europäischer Ebene in den Fokus gerückten soziotechnischen »twin transition« hin zu einem stärker digital vernetzten und ökologisch nachhaltigeren Europa, ist die Digitalisierung fester Bestandteil zahlreicher politischer Strategieprozesse auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen. In Anbetracht des verheerenden Abschneidens der Bundesrepublik in internationalen Digitalisierungsrankings wenig überraschend sind bundespolitische Diskussionen über den Stand der Digitalisierung in aller Regel negativ geprägt. Doch was können politische Entscheidungsträger und -trägerinnen tun, um den dringend benötigten Aufholprozess zu initiieren und zu akzelerieren?

Neben der investiven Förderung von Infra-, Kommunikations- und Verwaltungsstrukturen besteht ein möglicher Hebel in der gezielten Förderung der Schaffung und Verbreitung innovativer digitaler Technologien und Prozesse. Mit diesem Heft richten wir den Fokus auf ein spezielles innovationspolitisches Instrument, das an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis versucht, die wissenschaftlich-technische Komplexität der für eine erfolgreiche Digitalisierung benötigten Technologien und den für deren Umsetzung erforderlichen sozio-ökonomischen Handlungsbedarf gleichermaßen zu berücksichtigen: Mit der Einrichtung des Zentrums für Digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN) verfolgt die niedersächsische Landesregierung seit 2019 das Ziel, »die vorhandenen wissenschaftlichen Kompetenzen in Niedersachsen stärker zu verzahnen, ihre Zusammenarbeit in der anwendungsorientierten Forschung zu intensivieren sowie die Kooperation mit Unternehmen und Praxispartner*innen zu verstärken und so den Wissens- und Technologietransfer zu unterstützen.« Zu diesem Zweck sollen im ZDIN die im gesamten Flächenland vorhandenen Kompetenzen und Ressourcen im Bereich der anwendungsorientierten Digitalisierungsforschung gebündelt und stärker auf die bestehenden Bedarfe niedersächsischer Wirtschaftsakteure ausgerichtet werden.

Editorial

Die Beiträge in diesem Band bieten einen Einblick in Erkenntnisse aus dem ZDIN, die aus den Bereichen Arbeit und Gesellschaft, Gesundheit, Mobilität und Energie kommen und zeigen, welche Fragen aus inter- und transdisziplinären Perspektiven zu stellen und welche Antworten darauf zu geben sind.

Prof. Dr. Bizer
Georg-August Universität Göttingen,
Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung

Philipp Bäumle, M. A.
Externer Doktorand an der Georg-August Universität Göttingen,
Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung



Prof. Dr. Kilian Bizer



Philipp Bäumle, M. A.

Das ZDIN aus innovationspolitischer Perspektive – ein neuartiges Instrument für den Wissenstransfer

Kilian Bizer | Philipp Bäumle

Inhalte und Instrumente der Innovationspolitik unterliegen einem ständigen Wandel. Der Beitrag skizziert diesen Wandel, erläutert die Struktur des ZDIN (Zentrum für digitale Innovationen Niedersachsen) als modernes Instrument einer transformativen Innovationspolitik und zeigt daran anknüpfend auf, wie das ZDIN konkret zur Wirtschafts- und Innovationsförderung beiträgt. Abschließend werden drei zentrale Implikationen aus den bisherigen Umsetzungserfahrungen für zukünftige Innovationspolitik abgeleitet.

1. Einleitung

Dieser einleitende Beitrag skizziert die weitreichenden Änderungen der politischen und gesellschaftlichen Erwartungen gegenüber der Innovationspolitik, um darauf aufbauend Implikationen für die konkrete Umsetzung von digitalisierungsbezogenen Maßnahmen transformativer Innovationspolitik zu erarbeiten. Wir verstehen Digitalisierung als gesellschaftlichen Innovationsprozess, für den die Akteure zumeist ausreichend Anreize haben, um sie anzugehen und umzusetzen, bei denen sie aber auf zahlreiche Hemmnisse stoßen. Die Anreize bestehen darin, knappe Arbeits- und Fachkräfte effektiver und effizienter einzusetzen. Die Hemmnisse liegen häufig darin, dass strukturelle Voraussetzungen wie mangelnde Breitbandanbindung, digitale Kompetenzen, organisationale Prozessorganisation, etc. fehlen. Digitalisierung ist darüber hinaus Teil des Transformationsprozesses hin zur nachhaltigen Entwicklung. Für die gezielte Förderung nachhaltiger Entwicklung bestehen jedoch bestenfalls partiell direkte Anreize, das Verhalten zu verändern, weil kurzfristig hohe Kosten bei den Akteuren entstehen und der langfristig ungewisse Nutzen nicht unbedingt ihnen selbst zugutekommt.

Der Beitrag beruht auf Ergebnissen des ZDIN-Zukunftslabors Gesellschaft und Arbeit sowie verschiedenen Forschungs- und Regionalentwicklungsprojekten, die die Autoren in den vergangenen Jahren in enger Zusammenarbeit mit zahlreichen Kooperationspartner:innen auf Landes- und Bundesebene umgesetzt haben bzw. aktuell umsetzen. Ziel ist es, das ZDIN und seine inhaltlichen und strukturellen Eckpunkte zu erläutern, es innovationspolitisch einzuordnen und als Instrument der Innovationspolitik aufzuzeigen sowie Handlungsoptionen zu

entwickeln, die bestehenden Potenziale noch effektiver für die Gestaltung einer erfolgreichen transformativen Innovationspolitik zu erschließen.

2. Innovationspolitik heute – Anforderungen und Muster

Ein kurzer Blick auf aktuelle innovationspolitische Diskurse in Wissenschaft und Praxis zeigt eine maßgebliche Verschiebung der politischen und gesellschaftlichen Erwartungshaltungen über die vergangenen Jahrzehnte. Waren es in den Nachkriegsjahren und -jahrzehnten noch ausschließlich ökonomische Aspekte und Zielstellungen, die von Maßnahmen und Strategien der Innovationspolitik verfolgt wurden, kommen heute zahlreiche gesamtgesellschaftliche Herausforderungen hinzu, zu deren Überwindung Innovationen erforderlich sind, die durch Innovationspolitik mindestens zu fördern sind (SDG 9, UNO 2015). Allen voran steht der Wandel hin zu ökologisch nachhaltigerem Wirtschaften (SDG 12, UN 2015), aber auch eng damit verwobene gesamtgesellschaftliche Herausforderungen wie eben die digitale Transformation (Muench et al. 2022) oder der in allen Branchen um sich greifende Fachkräftemangel. Abgebildet durch unterschiedliche, teils aufeinander aufbauende und teils kontradiktorische konzeptionelle Leitbilder, entwickelt sich ein dynamisches und mitunter stark kontextabhängiges Begriffsverständnis, aus dem sich verschiedene Implikationen für die strategische und operative Ausgestaltung innovationspolitischer Maßnahmen auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen ergeben (Fagerberg 2018).

Ein erstes Indiz dafür, in welche Richtung sich die wirtschafts- und innovationspolitische Ausrichtung Niedersachsens entwickelt, liefert eine simple Stichwort-suche im aktuellen Koalitionsvertrag für Niedersachsen: Im Koalitionsvertrag der Vorgängerregierung wurde der Begriff »Transformation« lediglich zwei Mal im Kontext der Digitalisierung genutzt. Im aktuellen Koalitionsvertrag beschreibt er an insgesamt 40 Stellen den zielgerichteten Weiterentwicklungsprozess verschiedener, vornehmlich wirtschaftsbezogener Themenkomplexe.¹ Auf organisationaler Ebene hat das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung im Herbst 2023 die Stabstelle »Transformation der Wirtschaft« eingerichtet.²

Das ZDIN aus innovationspolitischer Perspektive

Tab. 1: Drei Rahmen der Innovationspolitik aufbauend auf Schot und Steinmüller (2018).

	Rahmen 1	Rahmen 2	Rahmen 3
Zeit	Ab 1950er	Ab 1970er	Ab 2010er
Fokus	Staatliches Stimulieren von Wirtschaftswachstum	Aufrechterhalten und Optimieren internationaler Wettbewerbsfähigkeit	Adressieren größerer gesamtgesellschaftlicher Herausforderungen
Innovationsverständnis	Linear Technologisch	Systemisch	Transformativ
Treibende Branchen	Rüstungsindustrie	Automobilindustrie	Energie
Hauptinstrumente	Raumfahrt	Chemieindustrie	Digitalwirtschaft
	Investive Technologieförderung Technology Foresight Prozesse	Verbesserung der Koordination nationaler und regionaler Innovationssysteme (triple-helix-Strukturen) Clusterförderung	Ganzheitliche Transformation soziotechnischer Systeme (quintuple-helix-Strukturen) Entrepreneurshipförderung
Rolle der Wissenschaft	Technologietransfer	Wissens- und Technologietransfer	Transfer für systemische Transformation

Schot und Steinmüller (2018) beschreiben diesen historischen Wandel anhand von drei unterschiedlichen, aufeinander aufbauenden und in den politischen Gesamtkontext eingebetteten »Rahmen«³ der Innovationspolitik. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die diskursleitenden Aspekte dieser Differenzierung.

Der erste Rahmen beschreibt die industriepolitische, hauptsächlich investive Unterstützung der Faktorproduktivität in den Wirtschaftssystemen der Nachkriegszeit, um diese stärker auf die dringend benötigte Massenproduktion auszurichten. Weitgehender politischer Konsens bestand zu dieser Zeit darin, dass die ökonomische Revitalisierung von der Realisierung und flächendeckenden Adaption neuer Erfindungen abhängt und die Rolle des Staates maßgeblich in der Stimulation von Investitionen in Inventionen besteht. Im Kern dieses Ansatzes stand ein stark technologisch geprägter Innovationsbegriff als kommerzielle Umsetzung technologischer Inventionen. Gleichzeitig lenkte die drängende geopolitische Neuordnung nach dem zweiten Weltkrieg den Fokus auf militärische Schlagkraft und prestigefördernde Großprojekte. In der Folge wurde der Ausbau von Ausbildungszweigen in natur- und ingenieurwissenschaftlichen MINT-Disziplinen erstmals zielgerichtet forciert; beträchtliche Budgets für Rüstungs- und Raumfahrtindustrie als Kondensationspunkte souveränitäts- und prestigeträchtiger Hochtechnologien wurden reserviert. Die instrumentelle

Bandbreite dieses ersten Rahmens der Innovationspolitik umfasste im Wesentlichen die stark kanalisierte und großvolumige Investitionsförderung für einzelne Technologieführer sowie erste Ansätze systematischer Foresight-Prozesse zur Identifikation aufkommender technologischer Trends. Diese wurden unterstützt durch entsprechende Grundlagenforschung der öffentlich finanzierten wissenschaftlichen Einrichtungen, die bestenfalls einen Technologietransfer anboten.

Der zweite Rahmen fußt auf der einsetzenden Erkenntnis, dass auch innerhalb der etablierten, global führenden Wirtschafts- und Innovationssysteme massive Reibungsverluste entstehen, da Synergie- und Kooperationspotenziale zwischen räumlich und technologisch verwandten Akteuren nicht in zufriedenstellendem Maß realisiert wurden. Intensiviert wurde dieser Effekt durch den stetig steigenden komparativen Stellenwert von Wissen als Produktionsfaktor und die Besonderheiten, die dessen erfolgreichem Transfer zugrunde liegen. Als Ergebnis stand eine Abkehr vom vorherrschenden linearen und rein technologischen Innovationsbegriff zu Gunsten eines stärker systemisch geprägten Begriffs, der gelungene Innovationsprozesse als das Ergebnis vielschichtiger, rekursiver Austauschprozesse zwischen einer Vielzahl an Akteuren begreift und die innovationspolitische Praxis bis heute prägt. Im Kern zielt dieser Rahmen auf die Optimierung der Koordination von Kooperationsprozessen innerhalb bestehender Wirtschafts- und Innovationssysteme ab, um die Wettbewerbsfähigkeit der sie prägenden wirtschaftlichen Akteure zu stärken und dauerhaft zu sichern. Prägendes Element dieses Rahmens sind verschiedene raumbezogene Maßnahmen zur Förderung von räumlich und inhaltlich fokussierten Clusterinitiativen und Netzwerken. Beginnend mit den bahnbrechenden Arbeiten von Michael Porter (1990) zur Theorie räumlich verdichteter Unternehmenscluster und der ihnen innewohnenden Potenziale und kulminierend in der nahezu gänzlich auf Clusterinitiativen ausgerichteten Innovationspolitik in den 2000er Jahren, die in Deutschland sowohl von klassischen Industriezweigen wie der Automobil- oder der Chemiebranche ausgerichtet wurden, aber auch neue Bereiche wie Biotechnologie umfassten. Dieser zweite Rahmen wies einen starken Fokus auf raumwirksame Strategien auf nationaler und insbesondere subnationaler und lokaler Ebene auf und hob auf die Bildung kooperativer Strukturen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ab (Triple-Helix-Strukturen, Etzkowitz 2008).

Der dritte Rahmen begreift Innovationen weniger als einen Selbstzweck bzw. eine eigene Zielvorstellung politischer Intervention, sondern als maßgebliches Werkzeug zur Überwindung größerer gesamtgesellschaftlicher Herausforderungen. Dieser transformative Innovationsbegriff steht im Zeichen einer politischen Weichenstellung, in deren Fokus nicht mehr der unbedingte Wille nach einer Steigerung der wirtschaftlichen Wertschöpfung steht, sondern eine missionsorientierte Optimierung sozio-ökonomischer Strukturen im Einklang mit

definierten Zielstellungen, die ein Einzahlen aller Aktivitäten auf ökonomische, ökologische, soziale und intergenerationale Aspekte sicherstellen sollen (allen voran die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung, die von den Vereinten Nationen 2015 definiert wurden) (Mazzucato 2017). Im Zentrum dieser Bestrebungen stehen einerseits Branchen und Technologien aus dem Bereich der Energieversorgung, die ein Schlüsselthema in der Erreichung ökologischer Nachhaltigkeitsziele und der Bekämpfung des menschengemachten Klimawandels darstellen. Andererseits stehen im innovationspolitischen Fokus eben jene digitalen Technologien, die eine intelligente Steuerung und Vernetzung verschiedener Systeme und damit einen schonenden und zielgerichteten Einsatz vorhandener Ressourcen ermöglichen. Vor diesem Hintergrund zielen die meisten aktuellen innovationspolitischen Strategien nicht mehr auf die Förderung einzelner Technologien oder Prozesse, sondern auf die tiefgreifende Systemtransformationen für zeitnah wahrnehmbare gesamtgesellschaftliche Veränderungen (OECD 2022). Ziel dieses voraussetzungsvollen Ansatzes ist die schnelle, problemlösende Anwendung neuen Wissens, die schnell wahrnehmbare Effekte erzeugt und gleichzeitig die institutionellen Rahmenbedingungen auf die Bündelung von Ressourcen zum Erreichen der definierten Mission ausrichtet (Fraunhofer ISI 2021). Im Kern der dazugehörigen Instrumentenentwicklung steht die Erkenntnis, dass sich für die Förderung disruptiv-nachhaltiger Innovationen nicht nur einzelne Kooperations- und Entwicklungsprozesse, sondern ganze Wirtschafts- und Innovationssysteme grundlegend verändern müssen. Eine besondere Bedeutung wird in diesem Zusammenhang neu gegründeten Start-up- und Spin-off-Unternehmen zugeschrieben, die gegenüber den in aktuellen Strukturen etablierten Unternehmen eine größere Offenheit für die Mitwirkung an tiefgreifenden Systemveränderungen aufweisen können.

3. Transformative Innovationspolitik in der Praxis der Wirtschafts- und Innovationsförderung

Ausgehend von der hohen konzeptionellen Relevanz der Digitalisierung bzw. der digitalen Transformation für die Gestaltung einer modernen, zukunfts- und missionsorientierten Innovationspolitik stellt sich die Frage, wie sich die damit verbundenen Implikationen in konkrete Maßnahmen der Wirtschafts- und Innovationsförderung übersetzen lassen.

In einem früheren Beitrag (Bäumle et al. 2023a) haben wir gemeinsam mit Kollegen herausgearbeitet, dass diese Interdependenzen im Wesentlichen zwei verschiedene Wirkungsebenen betreffen: die Unterstützung verschiedener Zielgruppen bei der erfolgreichen Bewältigung der digitalen Transformation und die digitale Transformation von Arbeitsweisen und -strukturen in der Wirtschafts- und

Innovationsförderung selbst. Bei Ersterer handelt es sich im Wesentlichen um Maßnahmen zur Unterstützung der Digitalisierung regionaler KMU zur Sicherstellung von deren zukünftiger Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit. Zu diesem Zweck setzen Akteure der Wirtschafts- und Innovationsförderung verschiedene Maßnahmen um, die zu Sensibilisierung, Netzwerkbildung und Umsetzung beitragen. Mögliche Formate sind hier beispielsweise Veranstaltungen, in deren Rahmen grundlegende Inhalte und bestehende Best Practice-Beispiele vermittelt werden, die Etablierung von Schnittstellen zwischen bestehenden Netzwerken oder die Beratung für die Identifikation und Artikulation von bestehenden Bedarfen und Potenzialen. Um ein grundlegendes Problembewusstsein bei regionalen KMU zu schaffen, sind vorrangig verschiedene Veranstaltungsformate sinnvoll, die Technologien, Förderoptionen und Good Practice-Beispiele kommunizieren. Darauf aufbauend lassen sich die grundsätzlich sensibilisierten und für das Thema aufgeschlossenen Unternehmen durch geeignete Formate themenspezifisch vernetzen. Letztlich tragen Akteure der Wirtschafts- und Innovationsförderung in beratender und moderierender Rolle die konkrete Implementation und Umsetzung von Digitalisierungsprojekten in und mit Betrieben (Bäumle et al. 2023a).



Abb. 1: Handlungsfelder der Wirtschafts- und Innovationsförderung in der digitalen Transformation von KMU (Quelle: Ausschnitt aus Bäumle et al. 2023a).

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der Innovationsmodus vieler KMU, der insofern vom klassisch-linearen Innovationsverständnis abweicht, als dass KMU oft nicht über die notwendigen Ressourcen für zielgerichtete FuE-Tätigkeiten verfügen und ihre Innovationstätigkeiten dementsprechend stärker auf Interaktion und rekursivem Wissenstransfer basieren (Alhusen et al. 2021). Die Förderung von Innovationen in diesem sogenannten »Doing-Using-Interacting«-Modus (DUI) bedarf eines speziell angepassten Policy-Mixes, der insbesondere auf die innovationsorientierte Kollaboration zwischen einzelnen Mitarbeitenden, Abteilungen und Unternehmen abzielt (Thomä u. Bizer 2021). Hinzu kommen Maßnahmen und Aktivitäten, die sich aus den Interdependenzen zwischen verschiedenen sozio-technischen Transformationsprozessen, insbesondere an der Schnittstelle zwischen Nachhaltigkeit und Digitalisierung ergeben. So finden sich Akteure der Wirtschafts- und Innovationsförderung zunehmend in der Rolle, digitale Forschungs- und Entwicklungsprojekte hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit und damit verbunden ihrer Stimmigkeit mit übergeordneten wirtschaftspolitischen Strategien zu evaluieren (Bäumle et al. 2023b). Hinsichtlich der digitalen Transformation eigener Arbeitsweisen und -strukturen geht es vor allem um die Überwindung verschiedener inhaltlicher, methodischer und infrastruktureller Herausforderungen. So müssen mit der zunehmenden Nutzung digitaler Formate und Instrumente zielgerichtet Optionen entwickelt werden, die analoge und digitale Instrumente sinnvoll und kohärent miteinander verknüpfen, den Wissensaustausch zwischen unterschiedlichen, in verschiedenem Maße digitalaffinen Beschäftigtengruppen initiieren und moderieren und regulatorische Grundlagen für die digital unterstützte Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren umsetzen (Bäumle et al. 2023a).

4. Struktur des ZDIN

Das übergeordnete innovationspolitische Ziel des ZDIN beinhaltet zwei zentrale Facetten: Erstens sollen die vielfältigen und weitreichenden Kapazitäten im Bereich der Digitalisierungsforschung stärker gebündelt, aufeinander abgestimmt und sichtbar gemacht werden. Zweitens sollen Kanäle geschaffen werden, die einen möglichst direkten und friktionslosen Transfer der kooperativ über alle relevanten Forschungsstandorte hinweg erarbeiteten Forschungsergebnisse zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft ermöglichen.⁴



Abb. 2: Vision, Mission und Leitbild des ZDIN (Quelle <https://zdin.de/vision-mission-leitbild>).

Im Zentrum dieses Vorhabens stehen insgesamt sieben themenspezifische Zukunftslabore (ZL). Die thematischen Zuschnitte decken dabei ein breites Spektrum an zukunfts- und gesellschaftsrelevanten Themenfeldern ab, in denen die digitale Transformation eine übergeordnete Rolle spielt. Den Kern der ZL bilden jeweils Forschende aus unterschiedlichen Forschungseinrichtungen, die im Rahmen praxisorientierter Forschungsprojekte gemeinsam an Lösungen für drängende Fragestellungen und Herausforderungen der digitalen Transformation arbeiten. Entsprechend dem Ziel, die unterschiedlichen Facetten der Digitalisierungsforschung an den zahlreichen niedersächsischen Forschungsstandorten stärker zu orchestrieren und an den Bedarfen von Akteuren aus Wirtschaft, Gesellschaft und Verwaltung auszurichten, soll die Organisation innerhalb einer gemeinsamen Dachstruktur nicht nur die a priori definierten und geförderten Kooperationsmodelle innerhalb der einzelnen ZL fördern, sondern auch ZL-übergreifende, interdisziplinäre Kooperationen und Cross Innovation-Prozesse ermöglichen. Zusätzlich zu diesem wissenschaftlichen Kern finden sich in den sieben Zukunftslaboren insgesamt über 100 fest assoziierte Praxispartner. Diese werden gemäß dem jeweiligen Forschungsschwerpunkt in Niedersachsen und darüber hinaus gewonnen und decken ein breites Spektrum an unterschiedlichen Akteursgruppen ab, die je nach Bedarf entweder Daten generieren bzw. validieren und bestehende Bedarfe artikulieren oder sich aktiv in einzelne Forschungsprozesse einbringen.

Das ZDIN aus innovationspolitischer Perspektive



Abb. 3: Überblick über die in den ZL bearbeiteten Themen (ein weiteres ZL zum Thema Circular Economy soll 2024 folgen) (Quelle: <https://www.zdin.de/zukunftslabore>).

Damit sich der Praxisbezug und der direkte Nutzen nicht ausschließlich auf die assoziierten Partner beschränkt, sondern die geschaffenen Mehrwerte auch für andere Akteure in Wirtschaft, Gesellschaft und Verwaltung sichtbar und zugänglich werden, wurden neben der kooperations- und anwendungsorientierten Forschung verschiedene Transferformate etabliert, in deren Rahmen die Forschenden ihre Arbeit entweder einem verwertungsrelevanten Fachpublikum oder der breiten Öffentlichkeit zugänglich machen. Die Initiierung, Organisation und operative Unterstützung dieser Transferformate übernimmt die am Oldenburger *OFFIS – Institut für Informatik* angesiedelte ZDIN-Koordinierungsstelle. Die Formate reichen von verschiedenen Veranstaltungsformaten über Podcasts und einen interaktiven Jahresbericht bis hin zu Newslettern und partizipativen Formaten in der Fläche.

Um die laborübergreifende Zusammenarbeit und Vernetzung zwischen den einzelnen Laboren zu stimulieren, wurden in jedem Labor Koordinator:innen eingesetzt. Diese sind selbst auch forschend in dem jeweiligen Labor tätig und bilden das Bindeglied zwischen den beteiligten Forschungseinrichtungen und den Praxispartnern eines ZLs, der zentralen Koordinierungsstelle und dem strategisch steuernden Direktorium. Sie moderieren »ihre« ZL nach innen und gestalten deren Auftritt nach außen.

Zur inhaltlich-strategischen Steuerung des gesamten ZDIN wurde ein Direktorium etabliert. Das Direktorium besteht aus Professor:innen, die jeweils eigene Teilprojekte in den sieben ZL verantworten und entsprechend eng in das Thema eingebunden sind. Das Direktorium verantwortet die strategische Weiterentwicklung des ZDIN, bringt neue Forschungs- und Entwicklungsimpulse in die ZL und steht der niedersächsischen Landesregierung in Digitalisierungs-

fragen beratend zur Seite. Inhaltliche Unterstützung erhält das Direktorium durch einen mit Vertreter:innen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung besetzten Projektbeirat, der seinerseits Transferimpulse gibt.

5. Potenziale des ZDIN für die Wirtschafts- und Innovationsförderung in der digitalen Transformation

Wie oben erläutert ergeben sich für Akteure der regionalen Wirtschafts- und Innovationsförderung drei zentrale Handlungsfelder hinsichtlich der Umsetzung der digitalen Transformation kleiner und mittlerer Unternehmen:

- i. Sensibilisierung & Problembewusstsein
- ii. Peer-Learning & Netzwerkbildung
- iii. Implementation & Umsetzung

Mit seiner inhaltlichen Ausrichtung und seinem strukturellen Aufbau unterstützt das ZDIN diese drei Handlungsfelder. Nachfolgend analysieren wir anhand verschiedener je zweier Umsetzungsbeispiele pro Handlungsfeld aus der bisherigen Projektlaufzeit des ZDIN, inwiefern die Arbeit im Zusammenspiel zwischen Zukunftslaboren und Koordinierungsstelle bereits jetzt auf die transferbasierte Förderung der digitalen Transformation des niedersächsischen Wirtschafts- und Innovationssystems einzahlt, um abschließend Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Die Beispiele stammen aus verschiedenen Zukunftslaboren. Es handelt sich hierbei ausdrücklich nur um beispielhafte Darstellungen.

Handlungsfeld Sensibilisierung & Problembewusstsein

In den vergangenen Jahren haben sich verschiedene Zukunftslabore an zahlreichen transferorientierten Veranstaltungsformaten beteiligt. Auf diese Weise werden verschiedenen Praktiker:innen aus dem niedersächsischen Innovationssystem aktuelle Forschungsinhalte und -ergebnisse zugänglich gemacht, die aktuelle Möglichkeiten und Perspektiven der digitalen Transformation aufzeigen und die Akteure für das Thema sensibilisieren.

Einen themenspezifisch ausgerichteten Informationskanal bedienen Forschende des »Zukunftslabors Produktion« mit einer virtuell organisierten Informationsveranstaltung zum Thema IT-Sicherheit in KMU. In diesem Fall wurden über fachliche Inputs hinaus auch finanzielle Mittel des ZDIN eingesetzt, um über eine noch stärkere Professionalisierung der Umsetzung und Begleitmaterialien eine noch höhere Zahl an potenziell interessierten Akteuren erreichen und bedarfsgerecht adressieren zu können.⁵

Neben der Beteiligung an bestehenden Veranstaltungsformaten hat das ZDIN mit dem »Digitaltalk Niedersachsen« ein eigenes Informationsangebot etabliert, in dessen Rahmen in regelmäßigen Abständen Forschende aus den Zukunftslaboren im Dialog mit Praktiker:innen verschiedene digitalisierungsrelevante Aspekte diskutieren und die interessierte Öffentlichkeit einladen, sich an der Diskussion zu beteiligen. Die bisherigen Themen reichen von »Gesundheitsprävention im Smart Home – Die Überwachung kommt?«, über »Künstliche Intelligenz entscheidet im Betrieb – wie Fairness garantiert werden kann« bis hin zu »Bürgerenergie – solidarisch und mit Systemverantwortung?«. Damit versuchen die »Digitaltalks« in der Regel, Kondensationspunkte aktueller Debatten zur digitalen Transformation aufzugreifen, die einen möglichst direkten »Anfasser« für Akteure aus Wirtschaft, Verwaltung und Öffentlichkeit bieten und diese an der Schnittstelle zwischen technologischen und sozio-ökonomischen Fragestellungen zu diskutieren. Die Aufzeichnungen der einzelnen Veranstaltungen stehen im Anschluss online zur Verfügung.⁶

Handlungsfeld Peer-Learning & Netzwerkbildung

Zusätzlich zu den individuellen, sehr themenspezifischen und in der Regel – zumindest pro Thema – einmaligen Veranstaltungsformaten haben einzelne Zukunftslabore in den vergangenen Jahren wiederkehrende, branchenspezifische Netzwerk- und Austauschoptionen für Praktiker:innen aus verschiedenen Bereichen geschaffen.

Beispielsweise haben Forschende des »Zukunftslabors Agrar« zeitweise eine monatlich stattfindende Podiumsdiskussion etabliert, in deren Rahmen die Forschenden insbesondere mit Vertreter:innen der Politik über aktuelle inhaltliche und regulatorische Fragestellungen diskutieren. Ziel des Formats war es, über eine wiederkehrende Vernetzungsmöglichkeit einen konkreten Mehrwert für die assoziierten Partner des Zukunftslabors zu schaffen. Diese Akteure, die qua ihrer offiziellen Assoziierung mit dem Projekt als bereits sensibilisiert und mit dem Thema Digitalisierung vertraut angesehen werden, bekommen die Chance, sich über die vermittelten Informationen hinaus zu branchenspezifischen Perspektiven und Herausforderungen der Digitalisierung auszutauschen und voneinander zu lernen.⁷

Zur gemeinschaftlichen interdisziplinären Bearbeitung eines besonders drängenden Themenfeldes im Kontext der Digitalisierung hat sich innerhalb des ZDIN ein »Arbeitskreis Cloud« formiert. Im Zentrum der Initiative stehen das europäische Dateninfrastrukturprojekt GAIA-X sowie die nationale Forschungsdateninfrastruktur. Ziel dieses Arbeitskreises ist es, das branchen- und themenübergreifend relevante Thema in enger Kooperation aus verschiedenen Blickwinkeln zu begutachten und identifizierte Bedarfe an politische Entscheidungsträger:in-

nen in Niedersachsen zu artikulieren. Durch den regelmäßigen Austausch unter Beteiligung verschiedener Zukunftslabore soll gewährleistet werden, die Bedarfe und Potenziale der ganz unterschiedlichen assoziierten Partner gleichermaßen erfassen, verarbeiten und kommunizieren zu können. Ein ähnliches Format besteht auch zum Thema »Künstliche Intelligenz«.⁸

Handlungsfeld Implementation & Umsetzung

Neben den informierenden und vernetzenden Formaten, die im Rahmen des ZDIN geschaffen wurden und sich in der Regel an multiple assoziierte Partner mit vergleichbaren Interessen richten, beteiligen sich nahezu alle im Projekt vertretenen Arbeitsgruppen auch an der Umsetzung konkreter Digitalisierungsprojekte in enger Zusammenarbeit mit einzelnen Praxispartnern. Hierbei handelt es sich entweder um Entwicklungsprojekte mit Partnerorganisationen – beispielsweise Verbände – von denen im Nachgang unterschiedliche Unternehmen spezifischer Branchen profitieren können oder um ganz konkrete Projektumsetzungen mit bzw. in einzelnen Unternehmen.

Beispielsweise haben Forschende aus dem Zukunftslabor Energie gemeinsam mit dem Bundesverband der Energie-Abnehmer einen Algorithmus entwickelt, der Fehler in der Verwaltung digitalisierter Energiesysteme zu erkennen hilft und Entscheidungsträger:innen so dabei unterstützt, noch schneller auf akute Anomalien im Betrieb zu reagieren. Über die enge Zusammenarbeit mit dem Verband konnte eine zielgerichtete Arbeit gewährleistet werden, die sich eng an den tatsächlich bestehenden Bedarfen der betroffenen Unternehmen ausrichtet.

Mit dem Deutschen Institut für Kautschuktechnologie e. V. und der Jade Hochschule beteiligen sich zwei Kooperationspartner aus dem ZDIN an dem Verbundvorhaben »Digit Rubber«. Bei dem Projekt geht es darum, die Digitalisierung der Kautschukproduktion durch den gezielten Einsatz künstlicher Intelligenz weiter voranzutreiben, indem sowohl Material- als auch Personaleinsatz durch ein effizientes Prozessmonitoring und eine bedarfsgerechte Parameteranpassung optimiert werden können. Dadurch sollen den beteiligten Unternehmen signifikante Einsparungen im Alltagsbetrieb und ein Vorsprung im Digitalisierungsprozess ermöglicht werden.⁹

6. Fazit und Ausblick

6.1 Inter- und transdisziplinäre landesweite Forschungsnetzwerke als Instrument der Innovationspolitik

Das ZDIN, das als neuartiges Instrument der Innovationspolitik an der Schnittstelle zwischen Forschungs- und Wirtschaftsförderung operiert, zeigt eine Option, wie Forscher:innen aus verschiedenen Disziplinen gemeinsam an einem Querschnittsthema wie der Digitalisierung arbeiten können, um mit und für Praxispartner hilfreiche Ergebnisse zu erzielen. Im Fokus steht hier der forschungsseitig induzierte, rekursive Wissenstransfer zwischen Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung. Auffällig ist in diesem Fall der starke Fokus auf die wissenschaftlichen Einrichtungen und der Wille bzw. der klar formulierte Auftrag, nicht nur in der Wissenschaft einrichtungs- und disziplinenübergreifend zu arbeiten, sondern auch nicht-wissenschaftliche Akteure in die eigenen FuE-Aktivitäten einzubinden. Die Einbindung der vielfältigen nicht-wissenschaftlichen Akteure erfolgt dabei über eine zwar institutionalisierte, aber nicht mit Fördermitteln oder vergleichbaren Anreizen unterfütterte Assoziation mit einem bestimmten Zukunftslabor. Bei näherer Betrachtung der Fallbeispiele konkreter Unterstützungsmaßnahmen in der Wirtschafts- und Innovationsförderung, die vom ZDIN ausgehen, fallen somit zwei aus innovationspolitischer Perspektive ausbaufähige Anreizsituationen ins Auge: Erstens werden die meisten der Transferformate – und auch der hier nicht fokussierten Forschungsprojekte – innerhalb einzelner Zukunftslabore durchgeführt. Diese werden aber nur in vereinzelten Fällen ausgeweitet, um Cross-Innovation-Potenziale zu identifizieren und zu nutzen. Zweitens sind die nicht-wissenschaftlichen Partner in den meisten Fällen eher mittelbar in die Projekte eingebunden und nur sehr vereinzelt mit eigenen FuE-Leistungen vertreten. Um für beide Fälle stärkere Anreize zu geben, braucht es flexiblere Förderformate, die innerhalb des ZDIN zu steuern wären. Dafür muss die Landesregierung den Rahmen setzen – aber eben nicht die Ausgabenplanung jedes ZL und der Koordinierungsstelle bis ins Detail vorschreiben. Der dafür erforderliche Lernprozess hat auch auf Bundesebene erst vor einigen Jahren begonnen. Das BMBF beschreitet mit der Deutschen Agentur für Transfer und Innovation und den bisher ausgeschriebenen Förderlinien zu Innovationssprints und Innovationscommunities, aber auch zuvor schon mit den TIRäumen neue Wege der flexibleren Förderpolitik.

6.2 Transdisziplinarität mit regionalen Innovationssystemen für mehr Breitenwirksamkeit in KMU

Die noch größere Herausforderung besteht darin, die gewonnenen Erkenntnisse aus der Zusammenarbeit von Forscher*innen und den unternehmerischen Praxispartnern, die direkt an der Forschung partizipieren, auch anderen kleinen und mittleren Unternehmen in der Fläche bereit zu stellen. Dafür muss das landesweite Netzwerk mit Akteuren der regionalen Innovationssysteme verknüpft werden und vor allem die kommunalen Wirtschaftsförderungen einbeziehen. Auf deren Seite sind es insbesondere die Technologieberater*innen und andere direkt mit den Unternehmen interagierende Akteure, die an den ZDIN-Ergebnissen viel stärker partizipieren können müssten. Regional stehen dafür auch die kommunalen Wirtschaftsförderungen und die Kammern zur Verfügung – bei den Handwerkskammern z. B. die bundesgeförderten Berater für Innovation und Technologie. Auf Seiten der Industrie- und Handelskammern fehlt eine entsprechende flächenwirksame Beratungsstruktur. Jede Stärkung der Verknüpfung von landesweiten Forschungs- und Transfernetzwerken mit den kommunalen und regionalen Wirtschafts- und Innovationsförderungen erhöht die Breitenwirksamkeit auf die KMU, die in einem Flächenland wie Niedersachsen besonders geboten ist.

6.3 Transfer für Transformation – systemische Innovationen angehen

Transformation beschreibt in Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit das ausschließliche Nutzen von regenerativen Energien und das Schließen von Stoffkreisläufen so weit möglich. Neben dem ZDIN haben auch das Energieforschungszentrum Niedersachsen (EFZN) und das Zentrum für Klimaforschung Niedersachsen (ZfKN) als landesweite Forschungsnetzwerke das Potenzial, Beiträge zur Lösung derart großer und komplexer Herausforderungen zu leisten – und in Zukunft können auch die Wissenschaftsräume eine (kleinere) Rolle spielen. Aber alle operieren im Rahmen der klassischen Wirtschafts- und Innovationspolitik und adressieren nicht die systemischen Innovationen, welche die »wicked problems« lösen. Für diese großen Herausforderungen braucht es andere Kompetenzen in den Transferstellen, andere Formate in der Entwicklung eines gemeinsamen Problembewusstseins und einen viel längeren Atem im Projektmanagement einerseits und in der Förderpolitik andererseits (Bizer et al. 2022). Doch da stellen sich angesichts eingangs angesprochener, gewachsener gesellschaftlicher Anforderungen an die Innovationspolitik die viel größeren Herausforderungen. Versteht man Digitalisierung als einen wichtigen Baustein für die nachhaltige Entwicklung Niedersachsens bietet sich für ein darauf ausgerichtetes ZDIN ein großes Anwendungsfeld. Dafür sind für Niedersachsen essenzielle Wertschöpfungsketten in den Blick zu nehmen, in denen das Schließen der Stoffkreis-

läufe und das ausschließliche Nutzen regenerativer Energie verfolgt wird. Für diese Wertschöpfungsketten sind die Informations- und Kooperationsanforderungen auszuloten, um systemische Innovationen zu ermöglichen.

Literatur

- Alhusen, H.; Bennat, T.; Bizer, K.; Cantner, U.; Horstmann, E.; Kalthaus, M.; Proeger, T.; Sternberg, R.; Töpfer, S. (2021): A New Measurement Conception for the ›Doing-Using-Interacting‹ Mode of Innovation. In: *Research Policy* 50 (4). DOI: 10.1016/j.respol.2021.104214.
- Bäumle, P.; Hirschmann, D.; Feser, D.; Winkler-Portmann, S.; Bizer, K. (2023a): Digitalisierung und regionaler Wissenstransfer: Interdependenzen und Herausforderungen. In: *STANDORT – Zeitschrift für Angewandte Geographie* (2023). DOI: 10.1007/s00548-023-00844-3.
- Bäumle, P.; Hirschmann, D.; Feser, D. (2023b): The contribution of knowledge intermediation to sustainability transitions and digitalization: Qualitative insights into four German regions. In: *Technology in Society* 73 (2023). DOI: 10.1016/j.techsoc.2023.102252.
- Bizer, K.; Horstmann, E.; Hirschmann, D.; Führ, M.; Winkler-Portmann, S. (2022): Wissenstransferstrukturen an den Zielen einer Nachhaltigen Entwicklung ausrichten. <https://www.uni-goettingen.de/de/document/download/93f6ca5f-76b9f93509087e7451088529.pdf/Projektbrosch%C3%BCre%20IREWINE.pdf>. Zugegriffen: 13.12.2023
- Etzkowitz, H. (2008): *The triple helix: university-industry-government innovation in action*. New York: Routledge.
- Fagerberg, J. (2018): Mobilizing innovation for sustainability transitions: A comment on transformative innovation policy. In: *Research Policy* 47 (9), S. 1568–1576. DOI: 10.1016/j.respol.2018.08.012.
- Fraunhofer ISI (2021): *Missionsorientierte Innovationspolitik*. Policy brief 02–2021. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.
- Mazzucato, M. (2017): *Mission-Oriented Innovation Policy. Challenges and Opportunities*. RSA Action and Research Centre, London. ISBN: 978-1-911532-09-5.
- Muench, S.; Stoermer, E.; Jensen, K.; Asikainen, T.; Salvi, M.; Scapolo, F. (2022): *Towards a green and digital future*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI: 10.2760/977331.
- OECD (2022): *OECD-Berichte zur Innovationspolitik: Deutschland 2022: Agile Ansätze für erfolgreiche Transformationen*. OECD Publishing, Paris. ISBN: 978-92-64-38303-6.
- Porter, M.E. (1990): *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press, New York.
- Schot, J.; Steinmüller, W.E. (2018): Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. In: *Research Policy* 47 (9), S. 1554–1567. DOI: 10.1016/j.respol.2018.08.011.

Thomä, J.; Bizer, K. (2021): Governance mittelständischer Innovationstätigkeit – Implikationen des Doing-Using-Interacting-Modus. In: Perspektiven der Wirtschaftspolitik 22 (4), S. 350–369. DOI: 0.1515/pwp-2021-0030.

UNO (2015): Transformation unserer Welt: Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25.9.2015. <https://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>. Zugegriffen: 29.1.2024

Anmerkungen

- 1 Jeweils inklusive aller Komposita; vgl. Koalitionsverträge der Niedersächsischen Landesregierungen 2017–2022, abrufbar unter: <https://www.spdnds.de/wp-content/uploads/sites/77/2017/11/Koalitionsvertrag2017.pdf> und 2022–2027, abrufbar unter: https://www.spdnds.de/wp-content/uploads/sites/77/2022/12/SPD_NDS_LTW_Koalitionsvertrag_2022_2027_Web.pdf
- 2 Vgl. Organisationsplan des Niedersächsischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung vom Stand 5.12.2023, abrufbar unter: https://www.mw.niedersachsen.de/startseite/das_ministerium/organisationsplan/organisationsplan-des-niedersachsichen-ministeriums-fur-wirtschaft-verkehr-bauen-und-digitalisierung-15113.html
- 3 Im englischsprachigen Original »frames«
- 4 Vgl. die Ausschreibung »Zukunftslabore Digitalisierung« des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur, abrufbar unter: <https://www.mwk.niedersachsen.de/ausschreibungen/zukunftslabore-digitalisierung-172520.html>
- 5 Weiterführende Informationen unter: <https://zdin.de/zentrum/assoziierte-partnerschaften/it-security-event-f%C3%BCr-kmu-gesponsert>
- 6 Weiterführende Informationen beispielsweise unter: <https://zdin.de/aktuelles/digitaltalk-niedersachsen-alle-aufzeichnungen-auf-einen-blick>
- 7 Weiterführende Informationen unter: <https://zdin.de/zentrum/assoziierte-partnerschaften/erfolgreiche-podiumsdiskussion-etabliert>
- 8 Weiterführende Informationen unter: <https://zdin.de/aktuelles/arbeitskreis-kuenstliche-intelligenz-am-zdin>
- 9 Weiterführende Informationen unter: <https://zdin.de/aktuelles/erste-projekterfolge-bei-digit-rubber>



Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen – und wie könnte dieser verringert werden?

Lukas Häfner | Rolf Sternberg

Räumliche Unterschiede werden in der Debatte um Digitalisierungsfolgen selten beachtet. Aktuelle empirische Befunde zeigen einen Rückgang der räumlichen Unterschiede der digitalen Infrastruktur in Niedersachsen. Langfristig wichtiger sind Disparitäten bei der Nutzung digitaler Technologien. Die Digitalisierungspolitik sollte dies stärker als bisher mit raumsensiblen Maßnahmen adressieren.

1. Einleitung

Die Digitalisierung ist ein Megatrend mit disruptiver Wirkung, der alle Volks- und Regionalwirtschaften bereits stark beeinflusst hat und dies weiterhin tun wird (Moriset 2017). Auch wenn es insbesondere unter älteren Bürgern, die nicht mit digitalen Medien aufgewachsen sind, ob der bisweilen exkludierenden Merkmale dieses Prozesses nicht nur Begeisterung für die den Alltag allerorten radikal verändernde Technologie gibt, ist das Narrativ zur Digitalisierung ein fast ausschließlich positives: Die Digitalisierung generiert signifikante Zuwächse an Effizienz und Effektivität für Unternehmen, macht das Konsumieren für viele bequemer, erhöht die Chancen auf Arbeit im Homeoffice, ermöglicht flexiblere Arbeitsprozesse in der Verwaltung und kann die Demokratie und die Teilhabe am politischen und gesellschaftlichen Leben fördern. Auch wenn die empirischen Befunde zu den (regional)ökonomischen Effekten der Digitalisierung nicht immer eindeutig sind (Haefner u. Sternberg 2020), überwiegen doch Analysen, die eine steigende Wirkung auf wirtschaftliches Wachstum, Produktivität und Beschäftigung und eine reduzierende Wirkung auf die Arbeitslosigkeit in Deutschland attestieren (z. B. Bertschek et al. 2015 oder Stockinger 2019). Dies scheint auch für Niedersachsen zu gelten (Blobel 2023). Voraussetzung ist allerdings, dass die dafür notwendige digitale Infrastruktur in der erforderlichen Quantität und Qualität flächendeckend verfügbar ist und die potenziellen Nutzer über die digitale Kompetenz, den Willen und die finanziellen Mittel verfügen, sie tatsächlich zu nutzen.

Der in der wissenschaftlichen Literatur weit verbreitete Terminus »Digital Divide« zeigt, dass diese Voraussetzungen in der Regel nicht überall gegeben

sind, sondern es große Unterschiede in der Verfügbarkeit digitaler Infrastruktur, aber auch bei der Digitalkompetenz der Menschen und deren Art der Nutzung dieser Infrastruktur gibt (Salemink et al. 2017). Zumindest bislang hat die Digitalisierung nicht zu einem »death of geography« (Morgan 2004) oder einem »death of distance« (Cairncross 1997) geführt, wie zu Digitalisierungsbeginn teils gemutmaßt wurde. Heute dominiert in den Regionalwissenschaften und der Wirtschaftsgeographie die Ansicht, dass die Digitalisierung (oft in enger Verbindung mit der Globalisierung) die ökonomischen Disparitäten zwischen Ländern und subnationalen Regionen nicht verringert, sondern sogar noch vergrößert habe. Digital Divides können unter anderem demografische, soziale, ökonomische und politische Ursachen und Folgen haben. Beispielsweise nutzen heutzutage alte Menschen digitale Medien im Durchschnitt seltener und anders als junge Menschen und sie besitzen als nicht »Digital Natives« im Mittel auch eine geringere digitale Kompetenz. Eine ökonomische Ursache für einen globalen Digital Divide ist die Tatsache, dass reichere Länder sich den flächendeckenden Ausbau teurer Breitbandnetze eher leisten können als ärmere. Im Mittelpunkt des vorliegenden Beitrages stehen die *räumlichen* Aspekte des Digital Divide in Niedersachsen und seinen Regionen. Der einschlägigen Literatur folgend, unterscheiden wir zwischen verschiedenen Levels des Digital Divide (van Dijk 2020): dem 1st Level »Quantität und Qualität digitaler Infrastruktur« und dem 2nd Level »Art der Nutzung digitaler Technologien«. Diese Unterscheidung hat Konsequenzen für den Nutzen, den Unternehmen und Bürger aus der Nutzung digitaler Angebote ziehen, dem 3rd Level. Jedes dieser Level besitzt eine eigene Räumlichkeit, denn die räumlichen Unterschiede differieren für dasselbe Territorium je nach Level. Zudem ist zu unterscheiden zwischen der Nutzung durch und dem Nutzen für Privatpersonen und solchen der dortigen Unternehmen und der dort Beschäftigten.

Der vorliegende Beitrag setzt einen empirischen Schwerpunkt und berücksichtigt die vorgenannten Aspekte des Digital Divide. Neueste quantitative Daten zur regionalen Verteilung von festnetz- und funkbasierten (also mobilen) Breitbandzugängen sowie qualitative Daten zur Art der Nutzung digitaler Technologien aus einem laufenden Forschungsprojekt¹ der Autoren liefern Hinweise zum Umfang dieses räumlichen Digital Divide in Niedersachsen und seinen Regionen, auf dessen digital- und regionalpolitische Implikationen im letzten Kapitel eingegangen wird.

2. Ebenen des Digital Divide: Empirische Befunde für Niedersachsen

2.1 Digitale Infrastruktur (1st level Digital Divide)

Obleich die flächendeckende Bereitstellung einer leistungsfähigen Digitalinfrastruktur mittlerweile auf Bundesebene und in allen Bundesländern nicht zuletzt im Rahmen der Debatte um gleichwertige Lebensbedingungen in allen Teilräumen zu den politisch gesetzten Zielen zählt, weist die Breitband- und Mobilfunkversorgung sowohl der Haushalte als auch der Unternehmen weiterhin starke regionale Disparitäten auf (Maretzke u. Pütz 2023). Eine flächendeckende Versorgung ist in einem Flächenland wie Niedersachsen mit einem hohen Anteil ländlicher Räume eine größere Herausforderung als beispielsweise in Stadtstaaten. Ausgehend von einem sehr geringen Ausbaustand noch vor wenigen Jahren haben Existenz und Qualität (insbesondere Geschwindigkeit der Breitbandnetze) erheblich zugenommen, wie Daten des nunmehr öffentlich zugänglichen »Gigabit-Grundbuchs« der Bundesnetzagentur dokumentieren (vgl. Bundesnetzagentur o. J.). Wir präsentieren in diesem Kapitel regionalisierte Daten aus dem Winter 2022 zum Festnetz- und Mobilfunk-Breitband, teils differenziert nach Angeboten für Privathaushalte und für gewerbliche Nutzung.

Das Angebot an Festnetz-Breitband mit mindestens 1.000 Mbit/s zeigt im bundesweiten Überblick ein deutliches West-Ost-Gefälle, ein nicht ganz so deutliches, aber überraschendes Nord-Süd-Gefälle in Westdeutschland sowie das erwartete Stadt-Land-Gefälle für ganz Deutschland. Letzteres ist in Form der vielen flächenmäßig sehr kleinen, aber mit hohen Haushaltsanteilen in der höchsten Kategorie (mindestens 90 % der Haushalte haben Zugang zu 1.000Mbit/s-Breitband) versehenen städtischen Kreise in Abbildung 1 gut erkennbar. Die Karte zeigt auch, dass Niedersachsens Kreise fast ausnahmslos oberhalb des bundesweiten Mittelwerts (gut 70 % Anteil an allen Haushalten) liegen, was explizit auch für die vielen ländlichen Regionen gilt.

Das Äquivalent zur in Abbildung 1 dargestellten Situation der Privathaushalte zeigt Abbildung 2 für Unternehmen in Gewerbegebieten. Auch hier sind zwei der drei zuvor geschilderten Gefälle gut erkennbar, aber die urbanen Kreise unterscheiden sich nicht oder zumindest deutlich weniger stark von den nicht urbanen Kreisen, als dies in Abbildung 1 der Fall ist. Auch bei diesem Indikator liegt der Mittelwert der niedersächsischen Kreise über jenem der Kreise in Deutschland insgesamt (58,8 %), mit besonderen Stärken im westlichen und nordwestlichen Niedersachsen und komparativen Schwächen in Südniedersachsen.

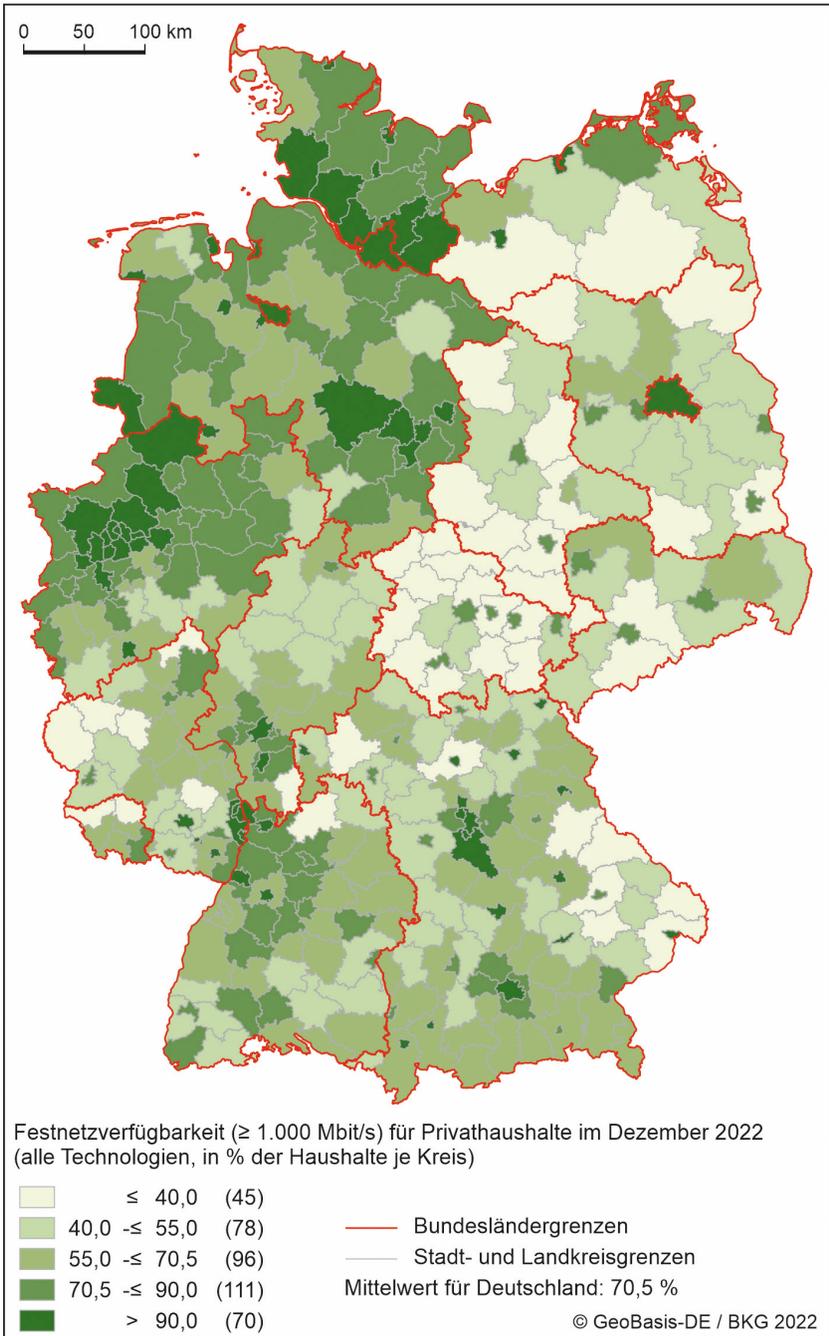


Abb. 1: Festnetz-Breitband-Verfügbarkeit (mindestens 1.000 Mbit/s) für Privathaushalte in Deutschland im Dezember 2022 (alle Technologien, in % der Haushalte je Kreis) (Datenquelle: Gigabit-Grundbuch der Bundesnetzagentur; eigene Darstellung).

Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen?

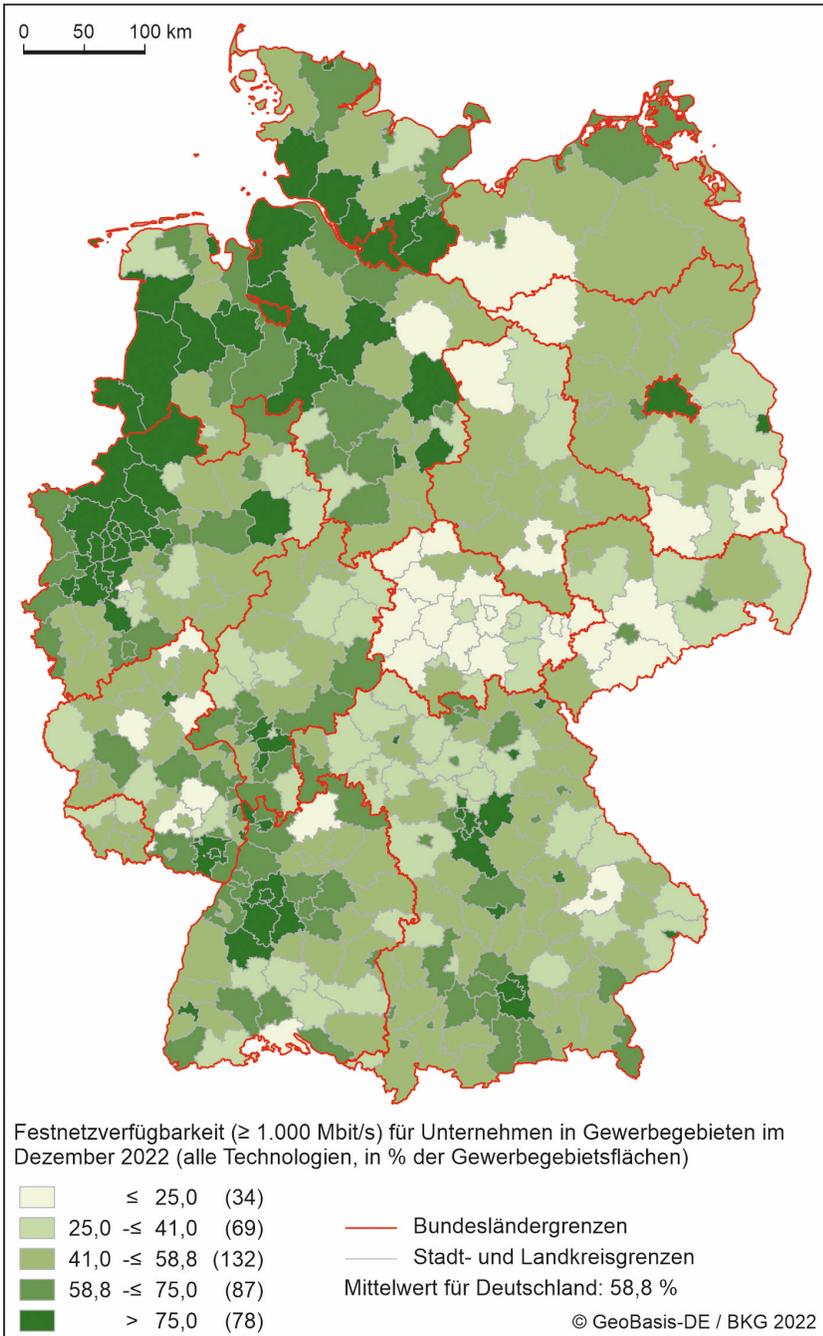


Abb. 2: Festnetz-Breitband-Verfügbarkeit (mindestens 1.000 Mbit/s) für Unternehmen in Gewerbegebieten in Deutschland im Dezember 2022 (alle Technologien, in % der Unternehmen in Gewerbegebieten je Kreis) (Datenquelle: Gigabit-Grundbuch der Bundesnetzagentur; eigene Darstellung).

Für die nächsten beiden Karten wechseln wir die räumliche Maßstabsebene sowie den Typ der Breitband-Infrastruktur und beschränken uns auf die Gemeinden Niedersachsens und den mobilen (also funknetzbasierten) Breitbandzugang auf 5G-Basis. Das räumliche Muster ist weniger eindeutig als bei den beiden Karten zum Festnetz-Breitband und lässt sich weder in einfachen Kategorien wie Himmelsrichtungen noch mittels einer Stadt-Land-Dichotomie abbilden. Lediglich die mehrheitlich und deutlich unter dem niedersächsischen Mittelwert (74,7 %) liegenden Gemeinden Südniedersachsens sind gut erkennbar. Auffällig ist zudem die räumliche Clusterung von Gemeinden mit sehr hohem 5G-Anteil an allen privaten Haushalten, besonders offensichtlich an der Grenze zu Nordrhein-Westfalen ganz im Westen Niedersachsens sowie, abgeschwächt, in den südlich an Bremen angrenzenden Gemeinden (Abb. 3). 75 der 961 Gemeinden hatten im Oktober 2022 keinen 5G-Zugang für Privathaushalte.

Das Äquivalent zu dieser Karte ist Abbildung 4 zur 5G-Verfügbarkeit in Gewerbegebieten. Es gibt etliche Parallelen zwischen beiden räumlichen Mustern: die relativ hohen Werte aller Gemeinden in der »Region Hannover« (liegen fast ausnahmslos über dem niedersächsischen Mittelwert von 73,4 %), die erwähnte Clusterung sehr hoher Werte in der Nähe zur NRW-Grenze im westlichen Niedersachsen sowie die mehrheitlich unterdurchschnittlichen Werte Südniedersachsens. Trotz einiger Unterschiede im Detail unterscheiden sich die beiden räumlichen Muster des funkbasierten Breitbands also nicht wesentlich: Wo der Ausbau für Privathaushalte weit vorangeschritten ist, gilt dies auch für Unternehmen. Zu beachten ist allerdings, dass das Gigabit-Grundbuch für 224 der 961 Gemeinden keine Werte angibt und weitere 113 den Wert »0 %« verzeichnen.

Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen?

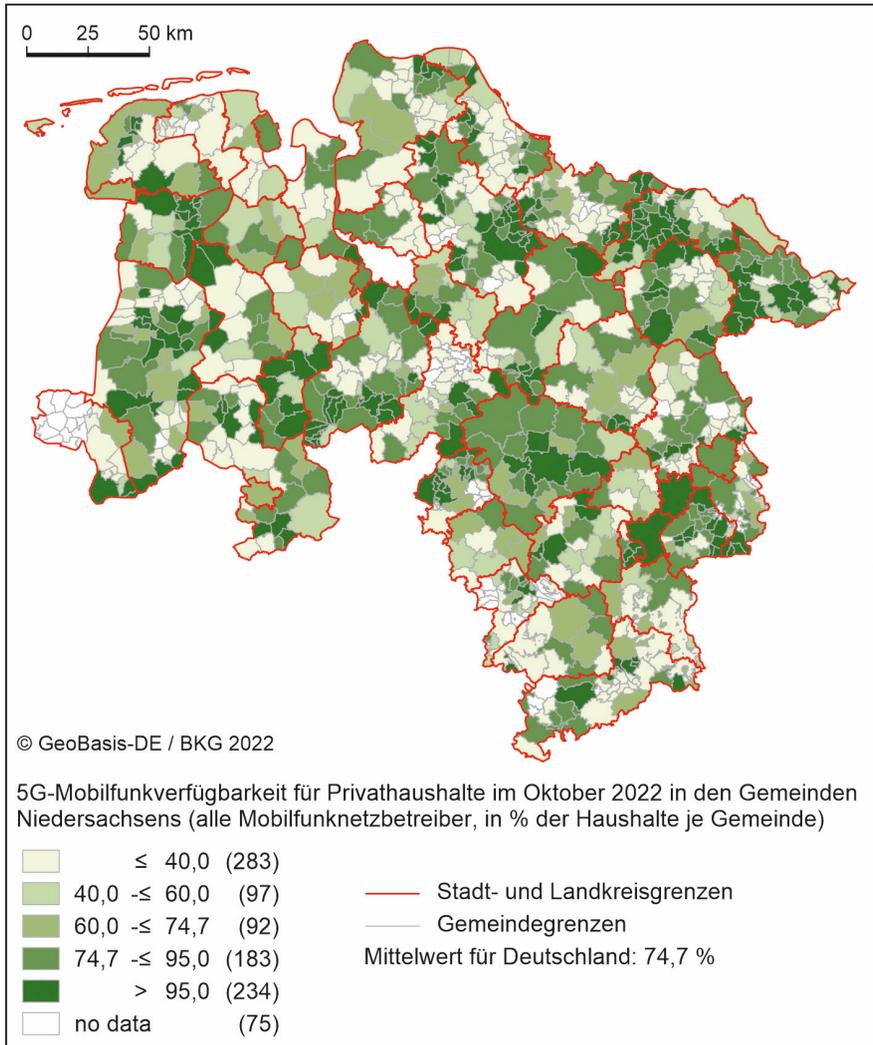


Abb. 3: 5G-Mobilfunk-Verfügbarkeit für Privathaushalte in den Gemeinden Niedersachsens im Oktober 2022 (alle Mobilfunknetz-Betreiber, in % der Haushalte je Gemeinde) (Datenquelle: Gigabit-Grundbuch der Bundesnetzagentur; eigene Darstellung).

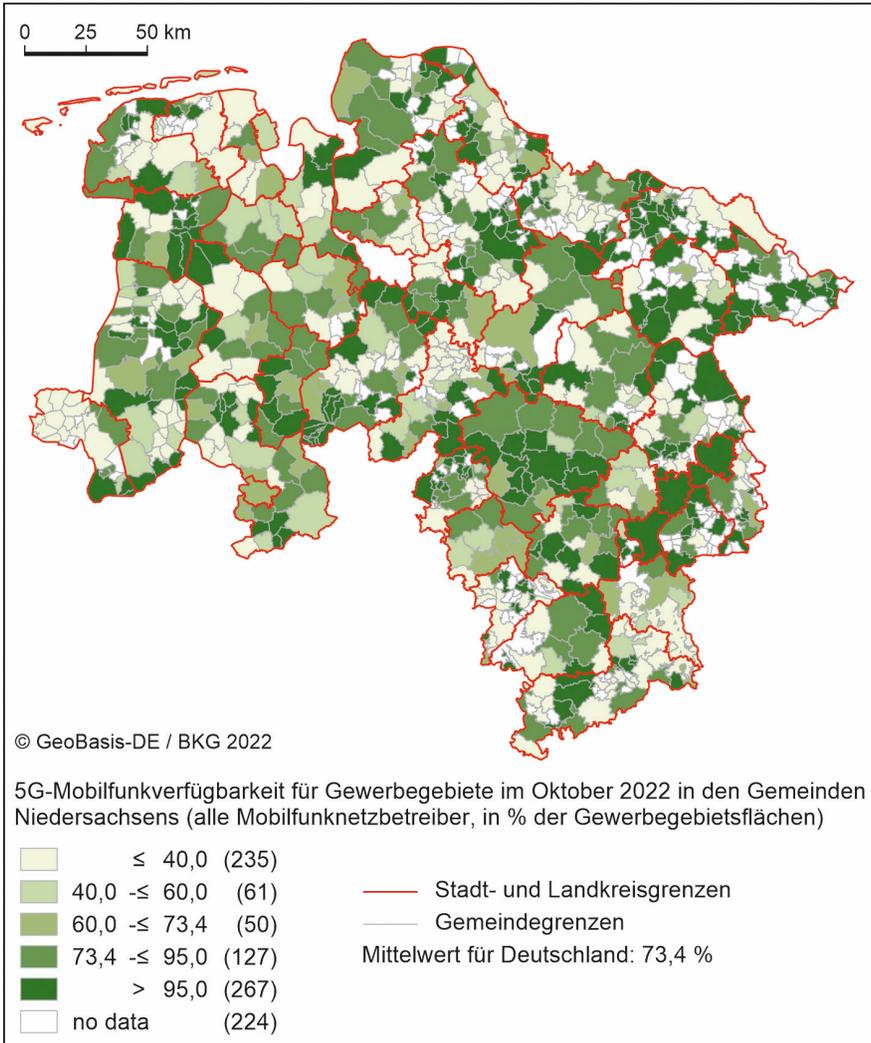


Abb. 4: 5G-Mobilfunk-Verfügbarkeit für Gewerbegebiete in den Gemeinden Niedersachsens im Oktober 2022 (alle Mobilfunknetz-Betreiber, in % der Gewerbegebietsfläche je Gemeinde) (Datenquelle: Gigabit-Grundbuch der Bundesnetzagentur; eigene Darstellung).

Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen?

Tab. 1: Verfügbarkeit von Festnetz-Breitband und 5G-Mobilfunk nach Raumkategorie der Gemeinden. Ungewichtete Mittelwerte der Gemeinden Niedersachsens bzw. Deutschlands (Datenquelle: Gigabit-Grundbuch der Bundesnetzagentur; eigene Berechnungen).

Raumbezug	Gemeindetyp ¹			Alle Gemeinden
	Städtisch	Halbstädtisch	Ländlich	
<i>Festnetz-Breitband-Verfügbarkeit (mind. 1.000 Mbit/s) für Privathaushalte im Dezember 2022 (alle Technologien, in % der Haushalte je Gemeinde)</i>				
Niedersachsen	89,2	67,7	40,6	53,1
Deutschland	75,9	49,5	28,9	40,8
<i>Festnetz-Breitband-Verfügbarkeit (mind. 1.000 Mbit/s) für Unternehmen in Gewerbegebieten im Dezember 2022 (alle Technologien, in % der Unternehmen in Gewerbegebieten je Gemeinde)</i>				
Niedersachsen	67,2	55,5	46,8	51,8
Deutschland	59,7	42,6	29,5	38,9
<i>5G-Mobilfunk-Verfügbarkeit für Privathaushalte im Oktober 2022 (alle Mobilfunknetz-Betreiber, in % der Haushalte je Gemeinde)</i>				
Niedersachsen	76,9	64,1	57,4	60,8
Deutschland	68,8	62,6	62,4	63,2
<i>5G-Mobilfunk-Verfügbarkeit für Gewerbegebiete im Oktober 2022 (alle Mobilfunknetz-Betreiber, in % der Gewerbegebietsfläche je Gemeinde)</i>				
Niedersachsen	74,2	65,3	58,4	62,3
Deutschland	70,2	63,5	63,1	64,1

¹nach Informationen der Bundesnetzagentur vom 28.11.2023 basieren die Berechnungen der Raumkategorien auf Adresspunkten und Einwohnerzahlen der Gemeinden, aus denen Einwohnerdichten berechnet und folgende Kategorisierung der Gemeinden vorgenommen werden: ländlich: < 100 EW/km²; halbstädtisch: 100–500 EW/km²; städtisch: > 500 EW/km²

Aus regionalpolitischer Sicht sind Stadt-Land-Unterschiede besonders relevant. Tabelle 1 zeigt für die vier in den Abbildungen 1 bis 4 verwendeten Indikatoren die mittleren Anteile für die 900 städtischen, 4.263 halbstädtischen und 5.879 ländlichen Gemeinden Deutschlands gemäß Gigabit-Grundbuch. Sie erlaubt vier Kernaussagen. Erstens lässt sich für jeden Indikator das erwartete Stadt-Land Gefälle beobachten, mit der besten Infrastrukturausstattung in den städtischen und der schlechtesten in den ländlichen Gemeinden. Das Gefälle ist im Flächenland Niedersachsen besonders stark – extrem bei der Festnetz-Breitbandverfügbarkeit für Haushalte mit fast 49 Prozentpunkten Unterschied zwischen Stadt und Land. Zweitens liegen die Anteile der Städte in Niedersachsen bei jedem Indikator und jene der ländlichen Gemeinden immerhin bei zwei Indikatoren über dem Referenzwert Deutschlands. Drittens sind die Stadt-Land-Disparitäten der Verfügbarkeit bei beiden Festnetzindikatoren stärker als bei mobilem Breitband. Zugleich liegen beim Festnetzbreitband die komparativen Stärken Niedersachsens verglichen mit dem Bund: In allen drei Raumkategorien sind die Anteile in Niedersachsen höher

als in Deutschlands Gemeinden insgesamt. Schließlich sind, viertens, die Stadt-Land-Unterschiede der Ausstattung bei Haushalten größer als bei Unternehmen.

2.2 Nutzung digitaler Technologien (2nd level Digital Divide)

Es ist weitgehend anerkannt, dass der Ausbau der digitalen Infrastruktur eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für die Erzielung wirtschaftlicher Effekte ist (Tranos 2012). Ebenso bedeutend sind sowohl die wirkungsvolle Nutzung digitaler Technologien als auch die digitalen Kompetenzen, die der Nutzung zugrunde liegen. Da es auch dabei regionale Unterschiede geben kann, beschäftigt sich die Wissenschaft mit dieser Form des Digital Divide bereits seit etwa 20 Jahren (Van Dijk 2020). Dabei besteht das Problem, dass nur selten Daten vorliegen, die Aussagen über Nutzungsintensitäten oder Kompetenzen auf regionaler Ebene zulassen (Ruiz-Rodríguez et al. 2017). Wenn diese vorliegen, dann betreffen sie meist einfache Internetanwendungen wie Websites oder Social Media. Solche Studien zeigen überwiegend einen Digital Divide zuungunsten ländlicher Regionen, der nicht auf mangelnden Internetzugang zurückzuführen ist (Richmond et al. 2017; Thonipara et al. 2023).

Die ökonomischen Potenziale der Digitalisierung werden mit diesen einfachen Anwendungen aber nicht ausgeschöpft. Dies wird deutlich im »Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands« der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI). Im Gutachten des Jahres 2022 werden digitale Technologien als *Schlüsseltechnologien* identifiziert, die »einer Volkswirtschaft hohe Potenziale für eine prosperierende technologische und wirtschaftliche Entwicklung und damit für Wohlstand« eröffnen (EFI 2022: 40). Ob es bei der Nutzung der digitalen Schlüsseltechnologien einen Digital Divide gibt – Regionen also unterschiedlich gut für die Zukunft aufgestellt sind – ist bisher empirisch größtenteils unbeantwortet. Auf Basis von 100 qualitativen Interviews, die im Jahr 2022 in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in sechs niedersächsischen Landkreisen und Städten geführt wurden, soll dieser Beitrag bei der Beantwortung der Frage helfen. Ziel ist die Erklärung des Zusammenhangs von geographischen Kontextfaktoren und der Nutzung digitaler Schlüsseltechnologien sowie Schlussfolgerungen bzgl. des Digital Divide. Mit *Technologienutzung*, die immer die Existenz der entsprechenden digitalen Kompetenzen widerspiegelt, ist dabei nicht nur die Anwendung von Produkten Dritter gemeint, sondern der bewusste und zielgerichtete Einsatz der Technologien zur Verbesserung oder Neuentwicklung eigener Prozesse oder Produkte. Kapitel 2.2 konzentriert sich auf die digitalen Schlüsseltechnologien Künstliche Intelligenz (KI), Big Data und Internet of Things (IoT) in zwei Branchen: im Verarbeitenden Gewerbe (VG) und in den wissensintensiven Unternehmensdienstleistungen wie Ingenieurbüros, Werbeagenturen oder Dienstleistungen

Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen?

der Informationstechnologie (KIBS; aus dem Englischen: knowledge intensive business services; vgl. Lee u. Miozzo 2019).

Die Interviews zeigen, dass die Mehrheit der befragten Unternehmen keine der genannten Technologien nutzt und die Nutzung auch nicht plant. 22 der 100 KMU nutzen derzeit KI-Anwendungen, 21 nutzen Big Data und 15 nutzen IoT. Die Interviews zeigen, dass KMU, die die Technologien einsetzen, nicht nur reine Anwender sind, sondern die Technologien in vielfältiger Weise eigenständig (weiter)entwickeln, um Produkte und Prozesse zu verbessern. Tabelle 2 fasst zentrale Aussagen über den Einsatz der Technologien aus den Interviews zusammen. Die Interviews zeigen, dass KI für die Unternehmen die größte Bedeutung aufweist. Das gilt insbesondere für KIBS. Die Bedeutung von KI zeigt sich nicht nur im aktuellen Einsatz in den KMU, sondern in der Planung des zukünftigen Einsatzes oder in der Durchführung von KI-Forschungsprojekten mit externen Partnern.

Tab. 2: Übersicht über die Nutzung digitaler Schlüsseltechnologien in den interviewten KMU.

	Einsatzbereiche	Reifegrad d. Anwend.	Forschungsintensität	Zukünftige Bedeutung	Branche
Künstliche Intelligenz	In Softwareprodukten & betriebl. Prozessen; kaum in sonstigen Produkten	Unterschiedlich; teilweise sehr hoch, teilweise eher niedrig	Hoch; Forschungsproj. mit Hochschulen & anderen Partnern	Sehr hoch; Wunsch, KI in allen Bereichen einzusetzen	v. a. KIBS
Big Data	Teilweise als Grundlage für KI; Verbesserung betriebl. Prozesse; Kunden- & Maschinendaten nutzen	Eher niedrig; Bewusstsein, dass Daten besser genutzt werden können	Mittel; meist im Zuge von KI	V. a. als Grundlage für KI; Wunsch, vorhandene Daten besser zu nutzen	Eher KIBS als VG
Internet of Things	Eher einfache Anwendungen wie Fernwartung; selten weitgehende Vernetzung von Maschinen	Eher niedrig; einfache Anwendungen	Gering	Überschaubar, v. a. im VG zur Produkt- und Produktionsverbesserung	Eher VG als KIBS

Big Data wird von KMU meist genutzt, um Kunden- oder Maschinendaten auszuwerten. Die Anwendungen werden derzeit noch als eher einfach eingeschätzt. Das Gleiche gilt für IoT-Anwendungen, die sich oft in Fernwartungen oder vorausschauender Instandhaltung erschöpfen, entweder des eigenen Produkts oder in der eigenen Produktionsumgebung. Stark vernetzte Maschinenumgebungen in der Industrie sind die Ausnahme. KIBS-Unternehmen setzen IoT-Technologien nicht in den eigenen Prozessen ein, können aber Wissen dazu aufbauen, das sie für Industriekunden nutzen.

Die regionale Differenzierung der Technologienutzung zwischen den zwei städtischen Untersuchungsregionen Hannover und Osnabrück sowie den vier Landkreisen Emsland, Hameln-Pyrmont, Harburg und Lüchow-Dannenberg erlaubt einige Rückschlüsse auf den 2nd level Digital Divide. Bei den interviewten KMU ist der Einsatz von KI- und Big Data-Anwendungen in den städtischen Untersuchungsregionen deutlich weiterverbreitet als in den ländlichen Untersuchungsregionen. Dies ist auf die KIBS-Unternehmen zurückzuführen. Vor allem größere und softwarenahe KIBS setzen KI und Big Data ein und forschen dazu relativ häufig gemeinsam mit Hochschulen und anderen Partnern. Diese Unternehmen sind vor allem aufgrund des Angebots an Fachkräften und Kooperationspartnern überwiegend in größeren Universitätsstädten ansässig. KIBS in ländlichen Regionen nutzen diese Technologien deutlich seltener. Die Nutzung von KI und Big Data stellt in Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowohl in Städten als auch in den ländlichen Untersuchungsregionen die Ausnahme dar. Im Gegensatz dazu findet IoT vor allem in ländlichen Regionen Anwendung, sowohl im Verarbeitenden Gewerbe als auch in den KIBS. Dies spiegelt die relative Fokussierung ländlicher Regionen auf die klassische Industrie wider und zeigt, dass auch hier Zukunftstechnologien aufgegriffen werden können. Forschung spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

Einen relevanten Digital Divide zeigen die Interviews auch innerhalb der ländlichen Untersuchungsregionen. KMU in den sozioökonomisch eher starken Landkreisen Emsland und Harburg (Küpfer 2016) nutzen nicht nur IoT und teilweise auch KI und Big Data, sondern suchen aktiv nach Anwendungspotenzialen und forschen dazu mit externen Partnern. Die Interviews zeigen, dass hierfür eine junge Geschäftsführung sowie persönliche Beziehungen zu regionsexternen Forschungseinrichtungen beim gleichzeitigen Ausschöpfen regionaler Kooperationsmöglichkeiten hilfreich sind. Ein Hauptproblem stellt der Zugang zu Fachkräften dar, der insbesondere im Emsland durch die Rückkehr von in anderen Regionen gut ausgebildeten Mitarbeitern aufgefangen wird. Da im Emsland, mehr noch als im Kreis Harburg, auch die KMU des Verarbeitenden Gewerbes die digitalen Schlüsseltechnologien aktiv einsetzen, kann die Region als Vorbild für andere ländliche Regionen dienen. In den sozioökonomisch weniger star-

Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen?

ken Regionen Hameln-Pyrmont und Lüchow-Dannenberg sind die genannten günstigen Voraussetzungen seltener gegeben und die Schlüsseltechnologien finden wenig Anwendung. Während die KMU im Landkreis Lüchow-Dannenberg kaum über mögliche Anwendungen nachdenken und seitens ihrer Kunden auch keine Nachfrage besteht, finden die Schlüsseltechnologien im Kreis Hameln-Pyrmont in Ansätzen Anwendung. Ein deutliches Problem stellt hier jedoch das Fehlen externer Impulse und Kooperationspartner für die Weiterentwicklung der Technologien dar.

Die Interviews zeigen eine Dreiteilung beim Einsatz digitaler Schlüsseltechnologien: erstens eine relativ starke Nutzung sowie die aktive Suche nach Potenzialen in KMU größerer Universitätsstädte, zweitens die aktive Auseinandersetzung und in geringerem Maße auch Nutzung in sozioökonomisch stärkeren ländlichen Regionen und drittens die weitgehende Nichtnutzung der genannten Technologien durch KMU sozioökonomisch schwächerer ländlicher Regionen. Da der Einsatz der Schlüsseltechnologien, wie oben beschrieben, von zentraler Bedeutung für aktuelle und zukünftige Wertschöpfungsaktivitäten ist (EFI 2022: 40), könnte diese Dreiteilung eine Verschärfung sozioökonomischer Unterschiede zwischen den Regionen bewirken.

3. Politische Implikationen: Was kann gegen den Digital Divide getan werden?

Deutschland und die anderen EU-Staaten weisen »deutliche Schwächen« bei den digitalen Technologien auf und laufen damit Gefahr, bestehende Stärken auch in anderen Technologiebereichen zu verlieren, da diese »zunehmend von digitalen Technologien durchdrungen werden« (EFI 2022: 11). Eine Fokussierung politischer Fördermittel mit »großvolumigen Investitionen« insbesondere auf die Schlüsselbereiche KI und Big Data könnte dem entgegenwirken (Kroll et al. 2022: 8). Dabei sollte der Fokus der Forschungs- und Innovationspolitik »auch weiterhin auf der Förderung exzellenter Innovationsprojekte liegen, auch wenn davon nicht alle Regionen gleichermaßen profitieren werden« (EFI 2022: 33). Diesem Ansatz ist, wie im Zitat angedeutet, ein Zielkonflikt zwischen dem Wachstumsziel bzw. dem Ziel der globalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und dem Ausgleichsziel innerhalb Deutschlands immanent. Von der Förderung exzellenter KI- und Big Data-Innovationsprojekte würden am meisten wirtschaftsstarke urbane Regionen – und mit Abstrichen wirtschaftsstarke ländliche Regionen – profitieren, die über entsprechende Forschungsakteure, Netzwerke und Fachkräfte verfügen. Ohne den Einsatz begleitender politischer Maßnahmen würden der Digital Divide und daraus folgend wirtschaftliche Unterschiede zwischen

den Regionen tendenziell verstärkt werden. Unter Bezugnahme auf die oben beschriebene Datenbasis werden im Folgenden Ansätze zur Förderung des verstärkten Einsatzes digitaler Schlüsseltechnologien beschrieben, die auf den Potenzialen und Herausforderungen der jeweiligen urbanen und ländlichen Regionen aufbauen.

In den urbanen Regionen sind es insbesondere Unternehmen aus dem Bereich der KIBS, die Kompetenzen zu KI und Big Data aufgebaut haben. Einige der Unternehmen verfügen über etablierte Beziehungen zu Forschungseinrichtungen, die eine fruchtbare Basis für weitere Forschungs- und Innovationsprojekte darstellen. Eine auf KI und Big Data ausgerichtete Innovations- und Forschungspolitik könnte hier schnell Wirkung entfalten und zur globalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft beitragen. Um mittel- bis langfristig die Potenziale ausschöpfen zu können, müsste dem in den Interviews betonten Mangel an IT-Fachkräften stärker entgegengewirkt werden. Hier müsste bereits im schulischen und im berufsqualifizierenden Bereich angesetzt werden (EFI 2022). Die Interviews deuten an, dass städtische KMU aus dem Verarbeitenden Gewerbe wenig Zugang zu digitalen Schlüsseltechnologien haben. Zumindest ein begrenzter Diffusionseffekt ausgehend von den KIBS und den Forschungseinrichtungen wäre zu erwarten gewesen. Die zukünftige Förderpolitik sollte deshalb auf eine stärkere Diffusion zugunsten der KMU des Verarbeitenden Gewerbes abzielen, beispielsweise durch deren bessere Integration in KI- und Big Data-Projekte mit KIBS und Forschungseinrichtungen.

Da es sich bei den vier ländlichen Untersuchungsregionen um strukturell unterschiedliche Regionen mit verschiedenartigen Potenzialen und Herausforderungen für die Nutzung digitaler Schlüsseltechnologien handelt, werden diese separat betrachtet. Da jede der Regionen für einen Typus ländlicher Region steht, können die Erkenntnisse aus einer Untersuchungsregion zum Teil auf andere ländliche Regionen des gleichen Typus übertragen werden (siehe dafür Küpper 2016).

Das Emsland repräsentiert den Typus einer sehr ländlichen und geographisch peripheren, aber gleichzeitig sozioökonomisch starken Region (Küpper 2016). Die Region zeichnet sich aus durch funktionierende Netzwerkstrukturen, ein starkes Gemeinschaftsgefühl und viele innovative KMU. Insbesondere Unternehmen mit einer jungen Geschäftsführung können dort von Austauschformaten vor Ort profitieren, die ihnen beim effektiven Einsatz digitaler Technologien helfen. Diese Formate auch für weitere Unternehmen in der Region zu öffnen, bietet einige Chancen für die Technologiediffusion in weniger innovative Unternehmen. Ob die Politik hier gestaltend eingreifen kann, ist jedoch fraglich, da es sich oftmals um eher spontane und informelle Austauschformate handelt. In einer industriell starken Region wie dem Emsland könnten im Sinne des *Smart Speciali-*

Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen?

sation-Ansatzes, der eine Fokussierung auf vorhandene regionale Stärken vorsieht (McCann u. Ortega-Argiles 2015), die bestehenden industriellen Stärken (hier: die Maschinen- und Fahrzeugbaubranche) durch eine forcierte Fokussierung auf digitale Schlüsseltechnologien gefördert werden, beispielsweise durch Forschungsprojekte inklusive regionsexterner Vernetzung. Auch die Ansiedlung einer außeruniversitären Einrichtung des Bundes, wie es die Bundesregierung in unterausgestatteten Regionen vorsieht, könnte fruchtbar sein (vgl. EFI 2022: 33). Aufgrund der begrenzten Bildungsmöglichkeiten im Emsland sind die KMU auch für den Einsatz digitaler Technologien auf die Rückkehr von Fachkräften aus anderen Regionen angewiesen. Deshalb müssen attraktive Bedingungen für junge Familien geschaffen werden, inklusive attraktiver Grundstückspreise und einer gut ausgebauten Kinderbetreuung.

Der Landkreis Harburg ist sozioökonomisch ähnlich stark wie das Emsland, durch seine Nähe zu Hamburg aber deutlich weniger ländlich geprägt (vgl. Küpper 2016). Obwohl es wegen dieser Nähe und einer gut ausgebauten Verkehrsinfrastruktur diverse KMU sowohl im Bereich der KIBS als auch im Verarbeitenden Gewerbe gibt, findet kaum Austausch zwischen den KMU statt. Das vorherrschende Konkurrenz- anstelle eines Kooperationsdenkens verhindert auch bezüglich digitaler Technologien die Ausschöpfung von Kooperationspotenzialen. Da gleichzeitig kaum Verbindungen zu Akteuren in Hamburg bestehen, sollte ein Ansatz der regionalen Wirtschaftsförderung und anderer Institutionen darin bestehen, die Technologieverbreitung durch die Etablierung von regionsinternen und -externen Austauschformaten und einer Kooperationskultur zu fördern. Die regionsexternen Akteure können beispielsweise in gemeinsamen anwendungsorientierten KI-Projekten mit KMU als Impulsgeber fungieren. Sowohl die Nachfrage als auch die personelle Kapazität sind in den regionalen KMU vorhanden, diese sind jedoch oft bezüglich der ersten Schritte beim Einsatz der digitalen Schlüsseltechnologien verunsichert. Die KIBS im Landkreis Harburg können diese Impulse als Multiplikatoren an andere KMU weitergeben.

Der Landkreis Hameln-Pyrmont wird im Vergleich aller Landkreise Deutschlands als relativ wenig ländlich eingestuft (vgl. Küpper 2016). Die im Vergleich zu den Landkreisen Emsland und Harburg weniger gute sozioökonomische Lage spiegelt sich auch in einem geringeren Bestand an Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und KIBS wider. Dennoch gibt es einige größere KMU, die sich mit dem Einsatz der digitalen Schlüsseltechnologien auseinandergesetzt haben. Diese leiden jedoch häufig an einem Mangel qualifizierter Fachkräfte, die Anwendungen der Technologien im Unternehmen entwickeln könnten. Eine Möglichkeit, diesem Mangel entgegenzuwirken liegt darin, bei den dualen Studiengängen der in Hameln ansässigen Hochschule Weserbergland einen Fokus auf die Vermittlung von digitalen Kompetenzen und insbesondere Kom-

petenzen bei den digitalen Schlüsseltechnologien zu legen. Dadurch könnten junge Menschen die benötigten Kompetenzen in die Unternehmen bringen, zu denen sie bereits eine Beziehung aufgebaut haben.

Im Landkreis Lüchow-Dannenberg, der als sehr ländlich und sozio-ökonomisch eher schwach eingestuft wird (vgl. Küpper 2016), erscheinen die Voraussetzungen zur Nutzung digitaler Schlüsseltechnologien ungünstig. Es gibt wenige Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und sehr wenige KIBS. Zwar ist das Internet ein wichtiges Medium für die Unternehmen der Region, aber die Digitalisierung spielt nur eine untergeordnete Rolle. Es erscheint daher unrealistisch, wirkungsvolle Maßnahmen zur Diffusion komplexer Technologien wie KI aufzusetzen. Die wenigen KMU, die sich in Ansätzen mit der Nutzung digitaler Schlüsseltechnologien beschäftigen, besitzen eine enge institutionalisierte Anbindung an regionsexterne Einrichtungen oder Unternehmen. Für alle KMU, die diese Beziehungen nicht besitzen, sollten die Wirtschaftsförderung oder andere Einrichtungen Verbindungen zu regionsexternen Akteuren etablieren, mit denen die KMU digitale Kompetenzen aufbauen und später gegebenenfalls auch komplexe digitale Technologien anwenden können. Erste Ansätze dazu gab es in der Region bereits.

Sollten keine Maßnahmen zur Technologiediffusion ergriffen werden, werden sich der Digital Divide und damit tendenziell auch die wirtschaftlichen Unterschiede zwischen den Regionen mit hoher Wahrscheinlichkeit verstärken. Aber auch zielgerichtete Maßnahmen zur Reduzierung des Digital Divide werden diese Unterschiede nicht beseitigen können, da die Voraussetzungen zur Nutzung digitaler Schlüsseltechnologien zwischen den Regionen zu unterschiedlich sind. Dennoch bieten die vorgestellten Ansätze Möglichkeiten, die Nutzung digitaler Schlüsseltechnologien in allen Regionen zu fördern – damit möglichst viele von diesen profitieren können und gleichzeitig zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands beitragen.

Literatur

- Bertschek, I.; Briglauer, W.; Hüschelrath, K.; Kauf, B.; Niebel, T. (2015): The economic impacts of broadband internet: A survey. In: Review of Network Economics, Vol. 14, S. 201–227.
- Blobel, V. (2023): Zu den Wirkungen von digitaler Infrastruktur und digitalen Kompetenzen auf die ökonomische Entwicklung in den Gemeinden Niedersachsens. Unveröffentlichte Masterarbeit am Institut für Wirtschafts- und Kulturgeographie, Leibniz Universität Hannover.
- Bundesnetzagentur: Breitbandatlas, o.J., <https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/Breitbandatlas/start.html>. Zugegriffen: 15.08.2023
- Cairncross, F. (1997): The death of distance: How the communications revolution will change our lives (1st ed.). Boston, MA: Harvard Business School Press.

Gibt es einen räumlichen Digital Divide auch in Niedersachsen?

- Camagni, R.; Capello, R. (2005): ICTS and territorial competitiveness in the era of internet. In: *The Annals of Regional Science*, Vol. 39, S. 421–438.
- Lee, H.-f.; Miozzo, M. (2019): Which types of knowledge-intensive business service firms collaborate with universities for innovation? In: *Research Policy*, Vol. 48, S. 1633–1646.
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2022): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022, Berlin.
- Haefner, L.; Sternberg, R. (2020): Spatial implications of digitization: State of the field and research agenda. *Geography Compass*, Vol. 14 (12), S. 1–16.
- Kroll, H.; Berghauser, H.; Blind, K.; Neuhausler, P.; Scheifele, F.; Thielmann, A.; Wydra, S. (2022): Schlüsseltechnologien. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 7-2021. Berlin.
- Küpper, P. (2016): Abgrenzung und Typisierung ländlicher Räume. In: *Thünen Working Paper*, Vol. 68, Braunschweig.
- Maretzke, S.; Pütz, T. (2023): Regionale Strukturen der Breitband- und Mobilfunkversorgung in Deutschland Mitte 2022. In: *BBSR-Analysen KOMPAKT 09/2023*, Bonn.
- McCann, P.; Ortega-Argiles, R. (2015): Smart Specialization, Regional Growth and Applications to European Union Cohesion Policy. In: *Regional Studies*, Vol. 49(8), S. 1291–1302.
- Morgan, K. (2004): The exaggerated death of geography: Learning, proximity and territorial innovation systems. In: *Journal of Economic Geography*, Vol. 4, S. 3–21.
- Moriset, B. (2017): The digital and the reshaping of traditional economies. In: *HAL archives-ouvertes*.
- Richmond, W.; Rader, S.; Lanier, C. (2017): The »digital divide« for rural small businesses. In: *Journal of Research in Marketing and Entrepreneurship*, Vol. 19(2), S. 94–104.
- Ruiz-Rodríguez, F.; Lucendo-Monedero, A.; González-Relaño, R. (2017): Measurement and characterisation of the Digital Divide of Spanish regions at enterprise level. A comparative analysis with the European context. In: *Telecommunications Policy*, Vol. 42, S. 187–211.
- Salemink, K.; Strijker, D.; Bosworth, G. (2017): Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ICT availability, adoption, and use in rural areas. In: *Journal of Rural Studies*, Vol. 54, S. 360–371.
- Stockinger, B. (2019): Broadband internet availability and establishments' employment growth in Germany: Evidence from instrumental variables estimations. In: *Journal for Labour Market Research*, Vol. 53(1), S. 1–23.
- Thonipara, A.; Sternberg, R.; Proeger, T.; Haefner, L. (2023): Digital divide, craft firms' websites and urban-rural disparities—empirical evidence from a web-scraping approach. In: *Review of Regional Research*, Vol. 43, S. 69–99.
- Tranos, E. (2012): The causal effect of the Internet infrastructure on the economic development of the European city-region. In: *Spatial Economic Analysis*, Vol. 7, S. 319–337.
- Van Dijk, J. A. (2012): *The digital divide*. Cambridge, UK: Polity Press.

Anmerkung

- 1 »Die raumwirtschaftlichen Wirkungen der Digitalisierung und ihre regional- und raumordnungspolitischen Implikationen« gefördert vom MWK in Niedersachsen (Kz. ZN3492) im Rahmen des Zukunftslabors »Gesellschaft und Arbeit« des Zentrums für digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN); mehr zu diesem Projekt siehe <https://www.iwkg.uni-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/digitalisierung>.



© Lukas Häfner | Rolf Sternberg

Das Zukunftslabor Gesundheit

Die Potenziale der digitalen Transformation für eine bessere Gesundheit nutzen

Dagmar Krefting | Oliver Bott | Bart Jan de Noord |
Thomas M. Deserno | Ursula Hübner | Frauke Koppelin |
Michael Marscholke | Bodo Rosenhahn | Christoph Rußmann |
Ramin Yahyapour

Das niedersachsenweite Zukunftslabor Gesundheit entwickelt Methoden und Werkzeuge für eine bessere Gesundheitsversorgung und -forschung. Dabei steht die sichere gemeinsame Nutzung von Gesundheitsdaten – von elektronischen Behandlungsdaten bis hin zu Sensorik in patientennaher Umgebung – für innovative praxisnahe Lösungen im Zentrum. Angebote umfassen Beratung, digitale Kompetenzvermittlung und technische Lösungen.

1. Einleitung

Die Gesundheitsversorgung und die medizinische Forschung befinden sich durch die digitale Transformation aktuell in einem Umbruch mit vielen Widersprüchen: Auf der einen Seite scheinen die Möglichkeiten fast grenzenlos, auf der anderen Seite aber stoßen Verfahren wie das E-Rezept, in anderen Ländern seit Jahren etabliert, in Deutschland auf erhebliche Umsetzungsprobleme. In kaum einem anderen Bereich liegen in Deutschland Chancen und Risiken von Technologie so dicht beieinander und stehen ethische Grundsätze wie Privatheit und Gemeinwohl scheinbar unauflösbar im Konflikt. Dabei werden täglich neue Methoden und Werkzeuge in der medizinischen Informatik entwickelt, die den Nutzen der Digitalisierung für die Gesundheitsversorgung und -forschung fördern und die Risiken minimieren können.

Grundlegende Fortschritte in der körpernahen Sensorik, zum Beispiel Smartwatches, liefern im privaten Umfeld aber auch im klinischen Alltag neue Informationen über die Entwicklung von relevanten Messwerten. Die Verknüpfung von Behandlungsdaten aus der ambulanten Versorgung mit den umfangreichen Untersuchungsdaten bei stationären Aufenthalten ermöglicht perspektivisch insbesondere bei chronischen Erkrankungen neue Möglichkeiten, Krankheitsverläufe vorherzusagen und personalisierte Medizin zu praktizieren. Dieser persönliche Gesundheitsdatensatz kann mittelfristig die gesamte Lebensspanne

umfassen und in ein kontinuierliches, personalisiertes Gesundheitsmonitoring münden, mit dem sich anbahnende Krankheiten frühzeitig erkannt und präventive Maßnahmen zu deren Verhinderung ergriffen werden.

Gemeinsam mit den digitalen Daten bieten neue Analysemethoden für große Datenmengen innovative Ansätze für das Verständnis und die Therapie von Erkrankungen. Dabei handelt es sich nicht um den einfachen Einsatz von neuen Technologien, sondern um grundlegende Veränderungen der Gesundheitsversorgung, die sich in einer individuelleren Versorgung und neuen telemedizinischen Angeboten äußern, aber auch ganz neue Möglichkeiten der aktiven Steuerung durch die Patientinnen und Patienten selbst bieten. Zwar ist der primäre Gesundheitsmarkt in Deutschland stark reguliert und stellt für Unternehmen der digitalen Medizin oft hohe Markteintrittshürden dar. Die Vielfalt der Möglichkeiten, wie Digitalisierung die Gesundheitsversorgung verbessern kann, eröffnet gleichzeitig aber auch viele Chancen für den Transfer von Wissen, Methoden und Werkzeugen zwischen Forschung und Entwicklung und Praxis.

Mit dem Zukunftslabor Gesundheit haben sich neun niedersächsische Hochschulen mit aktuell über 20 assoziierten Partnern aus der regionalen Wirtschaft zusammengeschlossen, um gemeinsam mit vereinter Expertise die wichtigsten Themen in der Digitalisierung des Gesundheitswesens zu adressieren, im Rahmen von interdisziplinären Projekten innovative Lösungen zu entwickeln und den Wissenstransfer proaktiv voranzutreiben.

In einem Flächenland wie Niedersachsen sind insbesondere neue digitale Methoden der ortsunabhängigen Erhebung und Analyse von Gesundheitsdaten von besonderem Interesse. Nur so können auch über räumliche Distanzen hinweg notwendige Informationen und wichtiges Wissen zeitnah sicher mit allen Beteiligten geteilt werden. Damit wird die Gesundheitsversorgung in allen Regionen direkt verbessert. Mindestens ebenso wichtig ist die Entwicklung von neuen Verfahren für smarte Entscheidungsunterstützung in der diagnostischen und therapeutischen Medizin sowie in der Pflege.

Damit diese Errungenschaften digital unterstützter Praktiken in Medizin und Pflege bei den Patient*innen ankommen und effektiv genutzt werden können, bedarf es umfassender digitaler Kompetenzen: Betroffene, die ihre Gesundheitsdaten teilen und für die Forschung bereitstellen, müssen digitale Methoden und Werkzeuge so weit verstehen, dass sie Nutzen und Risiken selbstbestimmt abwägen können. Angehörige von Gesundheitsberufen und Forschende wiederum müssen die ihnen anvertrauten Daten verantwortungsbewusst und rechtssicher nutzen.

Im Folgenden geben wir Einblicke in die bisherigen Arbeiten des Zukunftslabors Gesundheit mit besonderem Fokus auf die Transfer- und Partizipationsmöglichkeiten für die assoziierten Partner.

2. Datenaustausch und -analyse

Die Pandemie hat uns deutlich gemacht, wie wichtig die Verfügbarkeit von strukturierten digitalen Gesundheitsdaten sowohl für die medizinische Versorgung als auch für die Steuerung des Gesundheitssystems ist. Dies gilt auch für die angewandte Forschung, die für die Entwicklung von Innovationen – etwa auf Künstlicher Intelligenz basierende klinische Entscheidungsunterstützungssysteme – auf repräsentative, möglichst flächendeckende Daten angewiesen ist. Aus diesem Grund ist die Nutzbarmachung von neuen Verfahren und Technologien der Datenanalyse und des Datenaustauschs zwischen Forschung und Praxis ein zentrales Ziel des Zukunftslabors. Ein Maß für die Verfügbarkeit sind die sogenannten FAIR-Kriterien: Daten müssen auffindbar (Findable), erreichbar (Accessible), interoperabel (Interoperable) und wiederverwendbar (Reusable) sein (Wilkinson 2016). Die jeweilige Umsetzung dieser generisch formulierten Kriterien – die sogenannte FAIRification – hängt allerdings stark von der jeweiligen Fachdomäne ab. Schwerpunkte des Zukunftslabors sind in diesem Zusammenhang die Entwicklung einer Plattformlösung für den sicheren Gesundheitsdatenaustausch sowie die Entwicklung privatheitsbewahrender Analyseverfahren.

2.1 Eine FAIRe Plattform in der Gesundheitsversorgung und -forschung

Bundesweit werden zurzeit – zum Beispiel durch die Medizininformatikinitiative (MI-I) mit fast einer halben Milliarde Euro an Fördermitteln in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk Universitätsmedizin (NUM) – verteilte Infrastrukturen und zentrale Plattformen zum Teilen von klinischen Behandlungsdaten aus den Universitätskliniken aufgebaut. Sowohl die Medizinische Hochschule Hannover als auch die Universitätsmedizin Göttingen sind hier als Gründungsstandorte des HiGHmed-Konsortiums (HiGHmed 2023) wesentlich am Aufbau beteiligt. Doch nicht alle Gesundheitsdaten werden in der Universitätsmedizin erhoben: Ambulante und außeruniversitäre Versorgung, Heilbehandlungen oder Pflege werden nur in den sogenannten Fortschrittshubs Gesundheit der MI-I punktuell im Zusammenhang mit spezifischen Krankheiten betrachtet. Unternehmen, die Gesundheitsdaten beispielsweise für die Entwicklung einer Digitalen Gesundheitsanwendung (DiGA) sammeln und nutzen möchten, werden nicht pro Jahr eine halbe Million Euro für den Betrieb eines Datenintegrationszentrums aufbringen wollen oder können. Deshalb sehen wir es als notwendig an, die in den großen Forschungsverbänden entwickelten Lösungen möglichst niedrigschwellig für andere Anwendungsfälle nutzbar und die für den Transfer notwendige Expertise möglichst umfassend für eine breite Nutzung verfügbar zu machen (Koch 2023).

Im Rahmen des HiGHmed-Konsortiums wurden zahlreiche Lösungen auf Basis des Interoperabilitätsstandards »openEHR« entwickelt, die im Rahmen der Pandemiebekämpfung im Netzwerk Universitätsmedizin weiterentwickelt wurden. openEHR ermöglicht die Verwaltung und Speicherung sowie den Abruf und den Austausch von Gesundheitsdaten und ist besonders gut für elektronische Patientenakten (englisch: Electronic Health Record, kurz EHR) geeignet. International wird der Standard zum Beispiel in Norwegen und Slowenien für nationale Lösungen eingesetzt und findet zunehmend auch bei Herstellern von Health-IT-Systemen Verbreitung. Komplementär zum Standard »Fast Healthcare Interoperability Resources« (FHIR) der Standardisierungsorganisation »HL7«, der insbesondere für den Transfer von Gesundheitsdaten entwickelt wurde und Basis der verpflichtend umzusetzenden Schnittstellen im deutschen Gesundheitssystem ist, ist openEHR ein Standard zur Speicherung von Gesundheitsdaten. Durch ein Baukastenprinzip ist es besonders gut geeignet, um Gesundheitsdaten aus unterschiedlichen Kontexten vergleichbar und zusammen auswertbar zu machen. Die einzelnen »Bausteine« – sogenannte Archetypen – können dann je nach Anwendung zu sogenannten Templates vergleichbar mit klinischen Dokumenten zusammengestellt werden. Sowohl die Spezifikationen der Archetypen als auch Templates aus internationalen Initiativen und Projekten sind frei im Internet verfügbar. Sie sind oft bereits mehrsprachig und damit für den zukünftigen Europäischen Gesundheitsdatenraum hervorragend geeignet. Neben verschiedenen kommerziellen Softwareanbietern gibt es auch quell-offene und freie Lösungen, sodass ein nahtloser Übergang von einer kostenlosen Testinstallation zu einem professionell gewarteten Produktivsystem möglich ist. Durch den offenen Standard wird auch der sogenannte »Vendor lock-in« vermieden, bei dem ein Wechsel des Anbieters aufgrund des hohen Aufwands nahezu unmöglich gemacht wird. Ebenso gibt es inzwischen verschiedene Lösungen für die Bereitstellung einer FHIR-Schnittstelle, sodass die Kompatibilität zu den verschiedenen deutschen Interoperabilitätsstandards einfach hergestellt werden kann.

Auf Basis von frei verfügbaren Softwarekomponenten, insbesondere der »EHR-Base«, einem openEHR-Server zur Datenverwaltung, und der »NUM-Plattform«, einem Portal zum Suchen, Beantragen und Abrufen von medizinischen Daten für Forschungszwecke, stehen ein umfangreich dokumentiertes Demonstratorpaket und eine Testinstanz zur Verfügung, die kostenlos selbst installiert und getestet werden können. Um den automatischen Datenimport aus beliebigen Quellen zu erleichtern, wurde mit dem »Flat-Loader« ein Tool entwickelt, das tabellarisch vorliegende Daten in eine openEHR-Datenbank importiert.

Die drei Plattformwerkzeuge openEHR-Server, NUM-Plattform und FLAT-Loader können modular in eine Datenplattform integriert werden. Auf der Basis von

Rückmeldungen durch Testnutzer*innen wird die Usability sowohl der Installation als auch des Betriebs kontinuierlich verbessert.

2.2 Vertrauenswürdige Künstliche Intelligenz

Während die datenschutzrechtlich abgesicherte Verfügbarkeit geeigneter Daten eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung von datenbasierten Innovationen ist, sind die Algorithmen der eigentliche Kern digitaler Lösungen zur Entscheidungsunterstützung. Insbesondere dort, wo in der Praxis smarte Systeme sensible Daten für Entscheidungen mit möglicherweise weitreichenden Konsequenzen für die Betroffenen verarbeiten (sogenannte Consequential Recommendations) sind hohe ethische Anforderungen zu erfüllen. Diese werden insbesondere im Bereich der Künstlichen Intelligenz unter dem Begriff »Vertrauenswürdigkeit« (englisch: trustworthiness) zusammengefasst. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei die Erklärbarkeit (englisch: explainability), mit der das in der Datenschutzgrundverordnung Artikel 15 verbürgte Recht umgesetzt werden kann, dass Entscheidungen mit großer persönlicher Tragweite nicht allein auf automatischem »Profiling« (zum Beispiel durch ein Verfahren der Künstlichen Intelligenz) basieren dürfen. In diesem Bereich existieren verschiedene Arten der Erklärbarkeit: Zum einen gibt es Verfahren des maschinellen Lernens, die aufgrund ihrer Struktur erklärbar sind, wie beispielsweise Entscheidungsbäume. Diese Verfahren nennt man auch interpretierbare Künstliche Intelligenz. Sie sind besonders gut dafür geeignet, bereits existierendes explizites Expertenwissen breit verfügbar zu machen, können aber komplexes implizites Wissen nicht gut genug lernen. Für solche Probleme – etwa eine Diagnose anhand von medizinischen Bildern – eignen sich hochdimensionale künstliche neuronale Netze besonders gut. Die Ausgabe solcher Netze – Diagnosen, Vorhersagen zum Krankheitsverlauf oder auch Behandlungsempfehlungen – wird mit sogenannten »post-hoc«-Methoden plausibilisiert. Üblicherweise wird dabei versucht, die für die Entscheidung des Algorithmus besonders relevanten Eingabewerte zu identifizieren (Norrenbrock 2022, Bender 2023). Im Netzwerk des Zukunftslabors Gesundheit werden aktuell verschiedene Verfahren entwickelt, um beispielsweise die Ergebnisse der automatischen Erkennung von Auffälligkeiten im Elektrokardiogramm oder der Identifizierung von relevanten Genmutationen zu erklären.

Hochrelevant für das digitale Gesundheitssystem ist dabei die Tatsache, dass unter Umständen Erklärbarkeit und Transparenz auch ein Risiko für die Privatsphäre darstellen können. Ebenso wie man durch die Zusammenführung von vielen, im Einzelnen nicht eindeutig zuzuordnenden Informationen Personen eindeutig identifizieren kann, können eben auch Informationen über die

Funktionsweise eines Algorithmus dazu beitragen, dass Personen eindeutig identifiziert werden können. Forscher*innen des Zukunftslabors Gesundheit konnten zeigen, dass Verfahren zur Erklärbarkeit bei bestimmten Netzen unterschiedlich gut die Privatheit wahren und darüber hinaus Methoden entwickeln, um Angriffe abzuwehren (Olatunji 2022). Eine weitere Konsequenz daraus ist, Methoden der Künstlichen Intelligenz nur in gesondert gesicherten Umgebungen zu implementieren und zu entwickeln. Deshalb engagieren sich Partner des Zukunftslabors Gesundheit im durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten KI-Servicezentrum Kritische Infrastrukturen (KISS-KI), das Unternehmen sowohl Beratung als auch IT-Ressourcen für die Nutzung und Entwicklung von Künstlicher Intelligenz in der Medizin bietet (KISSKI 2023).

3. Sensorik in patientennaher Umgebung

Eine gute medizinische Versorgung führt zu einer höheren Lebenserwartung und einer älter werdenden Gesellschaft. Allein in den letzten 50 Jahren ist die Lebenserwartung in Deutschland um zehn Jahre gestiegen. Dies bedingt einen höheren Bedarf an stationärer und ambulanter Pflege. Berechnungen des Statistischen Bundesamtes zufolge wird die Zahl der pflegebedürftigen Menschen in Deutschland bis zum Jahr 2060 auf rund 4,53 Millionen ansteigen – bei einem prognostizierten Fachkräftemangel von knapp einer halben Million Pfleger*innen bis zum Jahr 2035 (Institut der deutschen Wirtschaft in Köln 2018). Diese Zahlen verdeutlichen die Notwendigkeit, neue Lösungen für die Pflege zu finden. Einen wichtigen Beitrag dazu können digitale Technologien leisten, die eine Verschlechterung des Gesundheitszustands frühzeitig erkennen und so bedarfsgerechte Versorgungskonzepte ermöglichen. Seit den ersten Konzepten und Entwicklungen des »Ambient Assisted Living« vor rund 20 Jahren hat der technische Fortschritt insbesondere im Bereich des Internet of Things (IoT) einen hohen praktischen Nutzen und damit auch eine breite Akzeptanz von Smart Home-Technologien ermöglicht. Ebenso wie Bewegungssensoren, die die Beleuchtung steuern, aber auch Stürze erkennen können, sind zahlreiche unterschiedliche Sensoren im Wohnraum, am Arbeitsplatz oder im Fahrzeug heute nutzbar, um Informationen über den Gesundheitszustand von Personen zu erfassen, darunter allen voran wichtige Vitalparameter wie den Puls, die Atemfrequenz und die Körpertemperatur (Wang 2021). Zusätzlich können Sensoren Umweltfaktoren wie Luftqualität oder Raumtemperatur messen und zur Entwicklung gesundheitsfördernder Lebenswelten genutzt werden.

Hier liegt der Mehrwert vor allem in der langfristigen Erhebung solcher Parameter, dem sogenannten Gesundheitsmonitoring. Damit können langsame

kontinuierliche Veränderungen sichtbar gemacht werden, die bei wenigen punktuellen Messungen zum Beispiel bei einer jährlichen Untersuchung als normale Schwankungen interpretiert werden würden.

3.1 Sensorik im Gesundheitsmonitoring

Partner im Zukunftslabor Gesundheit untersuchen insbesondere den praxistauglichen Einsatz von Sensortechnik im Gesundheitsmonitoring. Dazu müssen viele Komponenten zusammenpassen: Sensoren zur Aufzeichnung von Vitalparametern, Bewegungsmustern und Umweltfaktoren, Informations- und Kommunikationssysteme zur Speicherung, Verarbeitung und sichere Übertragung der aufgezeichneten Daten. Auch hier spielt der Schutz der Privatsphäre eine zentrale Rolle. Durch geschickte Aggregation und Vorverarbeitung der Sensordaten vor Ort können zum einen die identifizierbaren Daten, zum anderen aber auch das zu transferierende Datenvolumen drastisch reduziert werden. Die Analyse der Daten erfordert dann neben der informatischen auch die entsprechende medizinische Expertise, die auch hier zunehmend mit den Methoden der Künstlichen Intelligenz algorithmisch interpretiert wird.

Die Anwendungsbeispiele des Zukunftslabors Gesundheit decken dabei eine große Bandbreite an Sensortechnologien ab, um Unternehmen breit und technikneutral beraten zu können.



Abb. 1: Messtechnik des Wirbelsäulensensors (eigene Darstellung).

Anhand des Anwendungsbeispiels Körperhaltung wurden drei verschiedene Sensorsysteme implementiert: Kamera, Wirbelsäulensensor und EKG-T-Shirt. Dieser Anwendungsfall ist besonders interessant, weil die Körperhaltung (im Gegensatz zur Körperlage) üblicherweise nicht mit einer Smartwatch erfasst werden kann. Abbildung 1 veranschaulicht das Messprinzip des Wirbelsäulensensors: Dieser schmiegt sich der Form des Rückens an und liefert entlang des Bandes dreidimensionale (3D) Raumkoordinaten, mit denen sich die Form der Wirbelsäule und somit die Körperhaltung bestimmen lässt (Haghi 2023).

Im Gegensatz dazu bietet ein kamerabasiertes System Vorteile, denn heute ist bereits jedes Smartphone mit einer guten Kamera ausgestattet, die Sensorik ist also breit verfügbar. Allerdings sind die Datenvolumina vergleichsweise groß und die Analyse dementsprechend rechenintensiv. Auch die Heterogenität der Kamerasensoren stellt hier eine Herausforderung dar (Selvaraju 2022). Abhängig vom Sensor ist eine Vorverarbeitung, beispielsweise eine Rauschunterdrückung sinnvoll. In der zweiten Phase werden Körperhaltung und Bewegung erkannt und parametrisiert – dies kann über eine Merkmalsextraktion oder eine Mustererkennung erfolgen. Merkmale sind im gewählten Beispiel etwa die Gelenkwinkel. Auf Basis des Regelwerkes zur Ergonomie von Gelenkhaltungen – des sogenannten *rapid upper limb assessment* RULA (McAtamney 1993) – werden in der dritten Phase Interpretationsregeln angewendet und die Körperhaltung bewertet. Wenn beispielsweise der Schulterwinkel über 90 Grad beträgt, ist das gesundheitsschädigend und wird mit dem Score 3 – dem schlechtesten Score – bewertet. Da Bewegungen aus vielen Gelenkpositionen bestehen und daher viele Regeln angewendet werden müssen, kommen für die Berechnungen wiederum Methoden aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz zum Einsatz.

Die Schnittstelle zu den Akteur*innen spielt bei der Entwicklung von digitalen Lösungen eine wesentliche Rolle – der beste Algorithmus wird im praktischen Einsatz nichts ändern, wenn die Ergebnisse und Empfehlungen nicht für die Anwender*innen verstehbar sind und keine konkreten Handlungsempfehlungen gegeben werden.

Der getestete Wirbelsäulensensor besteht aus einer Reihe von Sensoren an einem Band, das man beispielsweise in ein T-Shirt einnähen kann (Haghi 2023). Beim EKG-T-Shirt sind die Sensoren an unterschiedlichen Stellen verteilt. Alle Sensoren haben Vor- und Nachteile – so sind die in die Kleidung eingenähten Sensoren zwar körpernah, liegen aber in der Praxis nicht bei allen Bewegungsarten und Körperhaltungen am Körper an. Smarte Algorithmen müssen in der Lage sein, relevante Gesundheitsinformationen von Fehlmessungen zu unterscheiden – auch hier setzen die Partner des Zukunftslabors Gesundheit zunehmend Verfahren der Künstlichen Intelligenz ein.

3.2 Multimodale Fusion von Sensoren – über Vitalparameter hinaus

Die Zusammenführung von verschiedenen Sensoren, um ein möglichst aussagekräftiges Gesamtbild des Gesundheitszustands zu erhalten, schließt hier an die oben diskutierten notwendigen Voraussetzungen von interoperablen Daten und privatheitswahrenden Systemen an.

Nicht nur die gesundheitlichen Risiken des Klimawandels, auch neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu den gesundheitlichen Folgen verschiedener Umweltfaktoren richten den Blick zunehmend auf das sogenannte Exposom – die Gesamtheit der Umwelteinflüsse, denen eine Person ausgesetzt ist. Auch diese werden üblicherweise mit Sensorik erfasst und sind somit konzeptionell ebenso wie die vorher diskutierten Sensorik in die Betrachtung einer möglichen Änderung des Gesundheitszustands einzubeziehen. Aktuelle Arbeiten im Zukunftslabor Gesundheit untersuchen die Nutzung der Datenplattform für die Integration heterogener zeitlich aufgelöster Umwelt- und Gesundheitsdaten. Ziel ist es, dass umweltbedingte Schwankungen von gemessenen Vitalparametern – beispielsweise die Erhöhung des Blutdrucks während Hitzewellen – aufgezeichnet und erkannt werden. Andererseits wird an einer kontextgerechten Integration des Umweltmonitorings in die medizinische Versorgung gearbeitet. Dazu gehören die evidenzbasierte Aufbereitung der verschiedenen Messwerte, eine intuitive und ausgewogene Kommunikation von Risiken und daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen für die Zielgruppe der Pflegefachpersonen vor dem Hintergrund der Förderung der Umweltgesundheitskompetenz (Fleißner 2023). Dabei wird ein partizipativer Ansatz zur Identifikation von Anforderungen und Entwicklung von Prototypen verfolgt.

4. Digitale Gesundheit erfordert digitale Kompetenzen

Digitale Technologien können an vielen Stellen dazu beitragen, die Gesundheitsversorgung zu verbessern. Aber Gesundheitsversorgung ist vielschichtig, komplex und muss ethisch immer zwischen Risiken und Nutzen abwägen. Digitalisierung im Gesundheitswesen kann nur erfolgreich sein, wenn sie von allen Akteur*innen akzeptiert und verantwortlich praktiziert wird. Und dies erfordert ein hohes Maß an digitalen Kompetenzen auf allen Ebenen – von Wissen über Fähigkeiten und Fertigkeiten bis hin zu ethischen Werten. Deshalb sieht das Zukunftslabor Gesundheit auch eine wesentliche Aufgabe in der Vermittlung von Kompetenzen im Bereich der digitalen Gesundheit.

4.1 Online-Kurse für verschiedene Zielgruppen

Dazu entwickelt das Zukunftslabor Gesundheit Online-Kurse für verschiedene Zielgruppen, die über die frei zugängliche Lernplattform »LEA – Lernen. Entdecken. Austauschen.« angeboten werden (ZLG 2023). Diese basiert auf der quelloffenen Lernmanagementsoftware ILIAS. Das didaktische Konzept für die auf den Forschungsthemen des Zukunftslabors Gesundheit aufbauende, online-basierte Wissensvermittlung funktioniert so über eine zentrale Plattform unter Einbeziehung mobiler Technologien und von Optionen für kollaboratives Lernen. Zu den adressierten Zielgruppen der Kompetenzvermittlung gehören »Patient*innen und Betroffene«, »Vertreter*innen der Gesundheitsberufe«, »Medizininformatiker*innen und artverwandte Berufe« sowie »Bürger*innen und interessierte Öffentlichkeit«. Diese Zielgruppen wurden anhand verschiedener Kriterien wie Lerntyp, Bezug zur Medizin oder Umgang mit digitalen Technologien erfasst und definiert, um die jeweiligen Voraussetzungen und Ansprüche besser verstehen und diesen in den Lernangeboten gerecht werden zu können.

Nach Entwicklung und Durchführung eines »Train-the-Trainer«-Kurses zur Anwendung des didaktischen Konzepts für die Entwicklung von Online-Kursen führten die Wissenschaftler*innen vier vorher entwickelte Online-Kurse für verschiedene Zielgruppen durch.

Der Kurs »Das lernende Gesundheitswesen: So lernt es« vermittelt den Teilnehmer*innen der Zielgruppe »Bürger*innen und interessierte Öffentlichkeit« ein grundlegendes Verständnis über die unterschiedlichen Arten medizinischer Daten und wie diese für eine bessere Krankenversorgung und eine innovative Forschung genutzt werden können.

Der Kurs »Patientennahe Sensorsysteme in der Pflege« gibt den Teilnehmer*innen der Zielgruppen »Interessierte Öffentlichkeit« (mit Fokus auf Schüler*innen ab der 10. Klasse) einen Einblick in verschiedene Biosignale, dazugehörige Sensortechnik und entsprechende Auswertungsmethoden von in der Umgebung von Patient*innen verbauter Sensorik.

Der Kurs »Gamechanger assistierende Gesundheitstechnologien« vermittelt ebenfalls an die Zielgruppe »Interessierte Öffentlichkeit« Wissen über den Einsatz von Gesundheitsmonitoring, also der Langzeitbeobachtung sensorbasierter Vitalparameter. Auch hier wird das gesamte System von Sensorik über Datenmanagement bis zur Auswertung und Visualisierung betrachtet.

Der Kurs »Das Lernende Gesundheitssystem in Aktion« richtet sich an Studierende der Gesundheitswissenschaften, vermittelt die praktische Datenauswertung und Datenmodellierung zur Wissensgenerierung und wurde bereits fünfmal durchgeführt. Er war beispielsweise 2022 Bestandteil einer internationalen Summer School zu den Themen »Interoperabilität von Daten und Systemen,

Datenschutz und Datensicherheit sowie Datenanalytik und entscheidungsunterstützende Systeme« in Porto. An dem dort hybrid angebotenen Kurs nahmen Studierende aus Finnland, Portugal und Deutschland teil. Die Evaluationsergebnisse des Kurses sind überwiegend positiv, insbesondere Lernvideos werden als besonders hilfreich für den Lernerfolg hervorgehoben.

Interessierte können alle Kurse über den Online-Auftritt des Zentrums für digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN) auf Anfrage buchen (ZDIN 2023).

4.2 Digital unterstützte Therapie mit mobilen Technologien



Abb. 2: Die Physio-App (Demonstrator) (eigene Darstellung).

Neben den Online-Kursen, deren primäres Ziel die Wissensvermittlung ist, entwickelt das Zukunftslabor Gesundheit prototypisch für den Bereich der mobilen telemedizinischen Therapieunterstützung eine Physiotherapie-App für die Rehabilitation nach Schulteroperationen. Patient*innen können mit der App Übungen im häuslichen Umfeld erlernen und durchführen. Die behandelnden Therapeut*innen wählen zunächst Übungen und Anzahl der Wiederholungen für ihre Patient*innen aus und konfigurieren die App über eine Webschnittstelle, die sie auch mit personalisierten Hinweisen zu den Übungen versehen können. Die Patient*innen schalten zu Hause eine Kamera ein, die mit einem Bildschirm und der App gekoppelt ist. Die Kamera erfasst die Bewegungen der Patient*innen, dabei kommt der Algorithmus zur kamerabasierten Erkennung der Körper-

haltung zum Einsatz (vgl. Kap. 3). Die App vermittelt die Ausführung der Übungen durch kleine Lehreinheiten und kontrolliert dann die korrekte Durchführung, indem sie die Bewegungen der Patient*innen mit der vorgegebenen Bewegungsfolge vergleicht. Die Patient*innen erhalten unmittelbar grafisches Feedback darüber, ob sie die Übungen korrekt ausführen: beispielsweise, ob die Höhe, das Tempo oder der Winkel den Zielvorgaben entsprechen, um damit den Therapieerfolg zu optimieren. Aktuell wird der Prototyp des Systems mit Patient*innen und Physiotherapeut*innen erprobt und evaluiert.

5. Zusammenfassung

Das Zukunftslabor Gesundheit bündelt die breite Expertise im Bereich digitaler Gesundheit an den niedersächsischen Hochschulen, verknüpft so erfolgreiche Forschungsergebnisse der einzelnen Standorte und bringt gemeinsam mit den Partnern aus der Gesundheitswirtschaft und Health-IT innovative Lösungen für eine bessere Gesundheitsversorgung in Niedersachsen und darüber hinaus in die Praxis. Dabei stellen die entwickelten Lösungen immer Prototypen für einen breiten Anwendungsbereich dar, die den verschiedenen Zielgruppen die vielfältigen Möglichkeiten aktueller digitaler Technologien für die verantwortungsvolle Digitalisierung und Innovationen in der Gesundheitsversorgung aufzeigen und bei der Planung und Umsetzung konkreter Transferprojekte unterstützen.

Danksagung

Das Zukunftslabor wird aus Mitteln des VW-Vorab/MWK gefördert. Darüber hinaus bedanken wir uns beim ZLG-Team: Lena Elgert, Jannik Fleßner, Matthias Katzensteiner, Iyiola Emmanuel Olatunji, Jendrik Richter, Verena Stieve, Daniel Thole, Joana Warnecke, Klaus-Hendrik Wolf.

Literatur

- Bender, T.; Beinecke, J. M.; Krefting, D.; Müller, C.; Dathe, H.; Seidler, T.; Spicher, N.; Hauschild, A.C. (2023): Analysis of a Deep Learning Model for 12-Lead ECG Classification Reveals Learned Features Similar to Diagnostic Criteria. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2023, S. 1–12.
- Fleßner, J.; Koppelin, F. (2023): Umweltgesundheitskompetenz von Personen in der pflegerischer und medizinischer Versorgung—Status Quo und Handlungsbedarfe. *Das Gesundheitswesen.* 2023. 85(08/09), 772–772.

- Haghi, M.; Ershadi, A.; Deserno, T. M. (2023): Recognizing Human Activity of Daily Living Using a Flexible Wearable for 3D Spine Pose Tracking. *Sensors* (Basel). 2023 Feb 12;23(4):2066. DOI: 10.3390/s23042066. PMID: 36850664; PMCID: PMC9961818.
- HiGHmed Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit (2023): HiGHmed-Konsortium – Über das Projekt. <https://www.highmed.org/de/highmed-ueber-das-projekt>. Zugegriffen: 12.10.2023.
- Institut der deutschen Wirtschaft (2018): Die Entwicklung der Pflegefallzahlen in den Bundesländern. https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Report/PDF/2018/IW-Report_33_2018_Pflegefallzahlen.pdf.
- KISSKI-Konsortium (2023): KISSKI – KI-Servicezentrum für sensible und kritische Infrastruktur. <https://kisski.gwdg.de/>. Zugegriffen: 15.10.2023.
- Koch, M.; Richter, J.; Hauswaldt, J.; Krefting, D. (2023): How to Make Outpatient Health-care Data in Germany Available for Research in the Dynamic Course of Digital Transformation. *Stud Health Technol Inform*. 2023 Sep 12; 307:12–21.
- McAtamney, L.; Nigel Corlett, E. (1993): RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon*. 1993 Apr; 24(2):91–9.
- Norrenbrock, T.; Rudolph, M.; Rosenhahn, B. (2022): Take 5: Interpretable Image Classification with a Handful of Features (Progress and Challenges in Building Trustworthy Embodied AI @NeurIPS, December 2022).
- Olatunji, I. E.; Rathee, M.; Funke, T.; Khosla, M. (2022): Private Graph Extraction via Feature Explanations. <http://arxiv.org/abs/2206.14724>. Zugegriffen: 14.10.2023.
- Richter J.; Bott O. J. (2022) Towards a Didactic Concept for Heterogeneous Target Groups in Digital Learning Environments-First Course Implementation. *J Pers Med*. 2022 Apr 27;12(5):696. doi: 10.3390/jpm12050696. PMID: 35629119; PMCID: PMC9147950.
- Wang, J.; Spicher, N.; Warnecke, J. M.; Haghi, M.; Schwartz, J.; Deserno, T.M. (2021): Unobtrusive Health Monitoring in Private Spaces: The Smart Home. *Sensors* (Basel). 2021 Jan 28;21(3):864. DOI: 10.3390/s21030864. PMID: 33525460; PMCID: PMC7866106.
- Wilkinson, M. D.; Dumontier, M.; Aalbersberg, I. J.; Appleton, G.; Axton, M.; Baak, A. (2016): The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*. <http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.
- ZDIN (2023): Zentrum für digitale Innovationen Niedersachsen. ZDIN – Weiterbildungsangebote. <https://www.zdin.de/digitales-niedersachsen/weiterbildungsangebote>. Zugegriffen: 13.10.2023.
- ZLG (2023): Zentrum für digitale Innovationen Niedersachsen. LEA – Lernen. Entdecken. Austauschen. <https://lms.highmed.org/>. Zugegriffen: 13.10.2023.



© Dagmar Krefting | Oliver Bott | Bart Jan de Noord | Thomas M. Deserno | Ursula Hübner | Frauke Koppelin | Michael Marschollek | Bodo Rosenhahn | Christoph Rußmann | Ramin Yahyapour

autoMoVe

Dynamisch konfigurierbare Fahrzeugkonzepte für den nutzungsspezifischen autonomen Fahrbetrieb

Lars Everding | Louisa Krüger | Thomas Vietor |
Torben Hegerhorst | Roman Henze | Christian Raulf

Der EFRE-Innovationsverbund autoMoVe beschäftigte sich mit der Entwicklung autonomer, dynamisch konfigurierbarer Fahrzeugkonzepte. Hierzu haben sich Wissenschaftler*innen der TU Braunschweig, der TU Clausthal sowie der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften zusammengeschlossen. Während der Projektlaufzeit wurden Methoden und Werkzeuge für die domänenübergreifende Entwicklung innovativer Fahrzeugkonzepte sowie erste eigene Fahrzeugkonzeptvarianten erarbeitet und getestet.

Einleitung und Motivation

In Deutschland werden Privatfahrzeuge täglich nur etwas mehr als eine Stunde genutzt (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2018). In der verbleibenden Zeit könnten hoch-modular und dynamisch anpassbar gestaltete Fahrzeuge logistische Aufgaben erfüllen und beispielsweise Lieferdienstfahrten übernehmen. Weitere Anwendungen sind das Car- oder Ridesharing, wodurch die zunehmende Verkehrsdichte, besonders in urbanen Lebensräumen, langfristig reduziert werden kann. Diese On-the-Road Modularisierungsstrategien werden bis heute allerdings noch unzureichend behandelt und sonst lediglich bei einzelnen Komponenten im Bereich der Produktion angewandt. Aktuell vorherrschende Trends für die Automobilindustrie wie die Elektrifizierung, das autonome Fahren oder auch die Vernetzung mit der Umwelt (vgl. z. B. CASE von Mercedes oder eassy von PWC) bestärken die Entwicklung von solchen neuen und innovativen Fahrzeugen und könnten einen substantziellen Wandel für die Industrie bedeuten.

Mit diesem Sachverhalt beschäftigte sich der EFRE-Innovationsverbund autoMoVe, bestehend aus Instituten der TU Braunschweig, der TU Clausthal und der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften. Das gesetzte Ziel bestand darin, ein autonomes, hochmodularisiertes sowie dynamisch konfigurierbares Fahrzeugkonzept zu entwickeln, welches den genannten Trends und Möglichkeiten in Zukunft gerecht werden kann. autoMoVe wurde als Digitalisierungs-

projekt im ZDIN Zukunftslabor Mobilität angemeldet. Die Laufzeit des Projekts belief sich auf drei Jahre und drei Monate (1. April 2019 bis 30. Juni 2022).

Aus dem domänenübergreifenden interdisziplinären Charakter ergeben sich Herausforderungen bei der Entwicklung solch komplexer Systeme: Komponenten (Soft- und Hardware) müssen bestimmten Sicherheitsstandards gerecht werden und dementsprechend möglichst früh auf Funktionalität und Fehleranfälligkeit geprüft werden. Hierzu bieten sich vor allem virtuelle Simulationsplattformen an. Zudem liegen Innovationszyklen von Soft- und Hardware teilweise stark auseinander, müssen jedoch stets aufeinander abgestimmt sein. Aufgrund der sich stetig verkürzenden Entwicklungszeiten für Produkte müssen die Bausteine des Systems anpassbar gestaltet werden. Vor allem wenn ein Fahrzeugkonzept im Betrieb konfigurierbar sein soll, ist ein modularer Ansatz sowohl für die Soft- als auch für die Hardware notwendig. Der Einfluss künstlicher Intelligenz auf das intelligente autonome Fahren stellt einen neuartigen Faktor in der zukünftigen Fahrzeugauslegung dar und ist ein Schlüssel bei der Realumsetzung angepasster Konzepte. Abbildung 1 veranschaulicht die Eigenschaften der Fahrzeugkonzepte, welche im Forschungsprojekt autoMoVe entwickelt werden sollen.

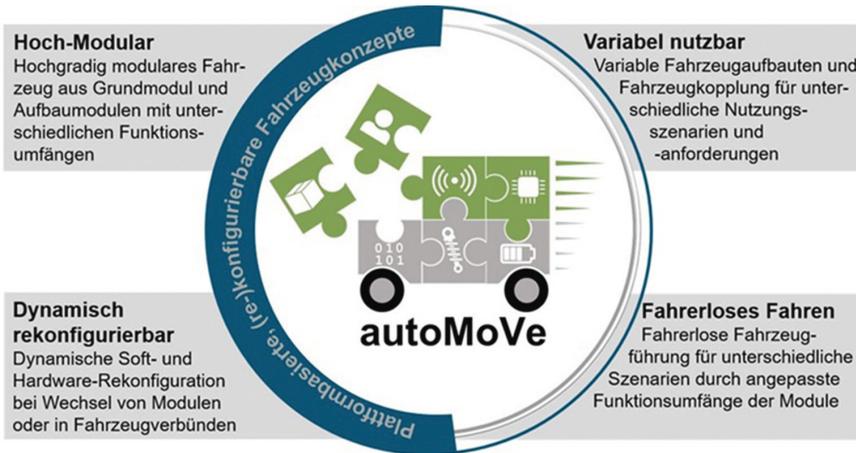


Abb. 1: Charakteristik der Fahrzeugkonzepte in autoMoVe (Eigene Darstellung).

Die Projektbeteiligten

Um diesen Herausforderungen begegnen zu können, wurde ein Team aus vier Verbundpartnern mit sich ergänzenden Fachgebieten zusammengestellt. Dazu zählen das Institut für Konstruktionstechnik (IK) und das Institut für Fahrzeugtechnik (IFF) der TU Braunschweig, das Institut for Software and Systems Engineering (ISSE) der TU Clausthal sowie das Institut für Mechatronik (IMec) mit der

Fachgruppe für Regelungstechnik & Fahrzeugmechatronik der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften.

Unterstützt wurden die Verbundpartner durch 14 weitere Kooperationspartner. Das IFF und das IK arbeiteten über Jahre hinweg mit Formherr Industriedesign, der Rapid Leichtbau GmbH oder auch der Automotive Agentur Niedersachsen zusammen und wurden von ITS Mobility bei der Veröffentlichung von Forschungsergebnissen unterstützt.

Das IMec erhielt durch die IAV GmbH Erfahrungen und Anforderungen aus der Praxis, die in Anwendungsfälle und die Fahrzeugarchitektur eingebunden wurden. Bei der Konzeption der elektronischen und informationstechnischen Schnitt- und Leitstelle setzte der Verbundpartner Lapp GmbH an, ergänzt durch die Arbeit der Pepperl + Fuchs Vertrieb Deutschland GmbH im Bereich der Sensorik. Die Wirtschafts- und Innovationsförderung der Stadt Salzgitter (WIS) hat das Ziel, zur Verbesserung der Grundlagen für die wirtschaftliche Entwicklung der Region beizutragen und zukunftsorientiert Arbeitsplätze zu erhalten. Dieses Netzwerk hat einen großen Mehrwert beim Aufbau eines Technologiebaukastens und der Kompetenzlandkarte beigetragen und erhielt im Gegenzug dafür eine nachhaltige Stärkung der Region. Darüber hinaus wurde auch das Netzwerk des VDI Braunschweiger Bezirksverein e. V. genutzt, um Ansprechpartner*innen aus verschiedenen Bereichen der Wirtschaft zusammenzuführen und eine umfangreiche Basis an möglichen Szenarien aufzubauen. Bei der Szenarienbewertung und der Erarbeitung praxisnaher Modularisierungsstrategien wurde die Kompetenz der Sandmann Innovation GmbH eingebracht, welche auch bei der Erarbeitung individueller Lösungen im Rahmen des Informationsaustauschs hilfreich war. Da sie besonders im Bereich von HiL-Prüfständen eine große Expertise aufweist, hat sie bei der Realisierung ausgewählter Funktionsträger und Prüfstandversuche signifikant zur Validierung beigetragen.

Die Verbundpartner der ISSE waren zum einen die pdv-software GmbH, welche sich an verschiedenen Workshops zur Definition von Anwendungsszenarien aus dem regionalen Umfeld für dynamisch konfigurierbare autonome Fahrzeuge beteiligte, zum anderen die NORDSYS GmbH, welche sich besonders bei der Entwicklung von Use Cases und der Anforderungserhebung zur Realisierung der dynamisch konfigurierbaren autonomen Fahrzeuge einbrachte.

Vorgehensweise im Projekt

Die Gesamtkoordination des EFRE-Innovationsverbundes autoMoVe erfolgte unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor, der nicht nur das IK leitet, sondern auch als Vorstandssprecher des Niedersächsischen Forschungszentrums Fahrzeugtechnik (NFF) agiert.

Arbeitspaket 1: Charakterisierung erforderlicher Technologien für den autonomen Fahrbetrieb und Erstellung einer Kompetenzlandkarte

Das erste Arbeitspaket (AP1) beschäftigte sich mit der Charakterisierung erforderlicher Technologien im autonomen Fahrbetrieb und der Erstellung einer regionalen Kompetenzlandkarte. Die Grundlage zu AP1 bildete eine umfassende Recherchearbeit. Bei dieser wurden in einem ersten Schritt sowohl eingesetzte Technologien als auch Forschungsansätze untersucht. Dabei wurden thematisch die Schwerpunkte »Elektronische Fahrzeugmanagementsysteme«, »Batterie- und Energiemanagement«, »Automatisierte Fahrzeugführung«, »Hard- und Software für autonomes Fahren«, »Rechtliche Grundlagen«, »Künstliche Intelligenz und Algorithmen«, »Car2X« sowie »Softwarearchitektur und Middleware« untersucht. Die Partner konnten hierbei die jeweiligen Expertisen aus den verschiedenen Forschungsbereichen effektiv einbringen und diskutierten die Ergebnisse anschließend gemeinsam intensiv im Konsortium. Aus der Zusammenarbeit von IMec und IfF konnten erforderliche Technologien, infrastrukturelle und weitere Rahmenbedingungen sowie mögliche Dienstleistungen für einen autonomen Fahrbetrieb abgeleitet werden. Anschließend wurden die gesammelten Ergebnisse charakterisiert und in einem Technologiebaukasten festgehalten. Innerhalb dieses Baukastens erfolgte die Einteilung auf unterschiedlichen Hierarchieebenen. Es wurden zudem potenziell passende Partner aus den Bereichen Fahrzeug- oder Technologiehersteller, Gesetzgebung, Forschungseinrichtungen und Entwicklungsunternehmen aus Niedersachsen identifiziert und in den Technologiebaukasten an geeigneter Stelle integriert. Im Anschluss daran wurde eine Datenbank zur Organisation der Thematik des automatisierten Fahrens in der Region Niedersachsen entwickelt. Diese diente wiederum als Grundlage, um eine sogenannte Kompetenzlandkarte zu erstellen.

Nach initialen Arbeiten durch das ISSE wurde in Kooperation mit dem IMec eine Software zur automatisierten Generierung einer interaktiven Kompetenzlandkarte auf einer OpenStreetMap entwickelt, welche die ausschließliche Darstellung der Daten beispielsweise um interaktive Filtermöglichkeiten erweitert. Sowohl der Technologiebaukasten als auch die Kompetenzlandkarte sollten helfen, den Status quo in Niedersachsen zum autonomen Fahren abzubilden und Lücken zu identifizieren, an denen sich Weiterentwicklungen anbieten. Diese Tools sind als »lebendig« anzusehen und bedürfen einer ständigen Überarbeitung bzw. Aktualisierung.

Arbeitspaket 2: Szenarioentwicklung und -bewertung autonom fahrender rekonfigurierbarer Fahrzeuge

Das zweite Arbeitspaket (AP2) beschäftigte sich mit der Szenarioentwicklung und -bewertung autonom fahrender, rekonfigurierbarer Fahrzeuge. Dafür wurden zunächst domänenspezifische Begrifflichkeiten diskutiert und in einem gemeinsamen Glossar erfasst, um eine einheitliche Verständnisgrundlage zu schaffen. Ausgehend von den Recherchen in AP1 wurden Anwendungsfälle (Use Cases) und Zukunftsszenarien ermittelt, die das autonome Fahren mit einer Anpassbarkeit an unterschiedliche Bedarfe fokussierten. Soft- und Hardware müssen für diesen Zweck einer Rekonfiguration der autonomen Fahrfunktionen und den damit einhergehenden Funktionalitäten im Betrieb gerecht werden. Durch die Use Cases wurden Systemumgebungen als System of Interest (Sol) beschrieben sowie jeweils die infrastrukturellen, soziokulturellen, räumlichen und zeitlichen Randbedingungen dargestellt, unter denen die jeweiligen Stakeholder untereinander interagieren. Zur Beschreibung der Zukunftsszenarien wurde die Grundlage der Szenario-Technik in abgewandelter Form angewandt. Die Übertragung dieser Methode in die Bereiche des Model-Based Systems Engineering (modelbasiertes Vorgehen des Systems Engineering, MBSE) konnte im Rahmen der Veröffentlichung »An Approach to Complement Model-Based Vehicle Development by Implementing Future Scenarios« publiziert werden (Raulf et al. 2021a). Auch die verschiedenen Partner recherchierten noch tiefergehend zu dem Themenbereich des APs und tauschten sich bei einem Workshop 2019 am NFF diesbezüglich aus. In einem vom IK geleiteten Workshop wurden mithilfe der Methoden des Design Thinking und der Erstellung sogenannter Personas die zukünftigen Anwendungsfälle analysiert, identifiziert und weiterentwickelt.

Darüber hinaus wurden auch Studierende im Rahmen von Studien-, Bachelor- und Masterarbeiten in das Projekt eingebunden und konnten so einerseits Einblicke in die Forschungspraxis erhalten und andererseits selbst Inhalte in das Projekt einbringen. So wurden mithilfe studentischer Arbeiten bestehende Fahrzeugkonzepte miteinander verglichen, um in einem ersten Schritt die Relevanz der Einsatzbereiche abzuleiten. In einem zweiten Schritt wurden die Stakeholder für derartige Fahrzeuge identifiziert und in Form von Persona-Steckbriefen dokumentiert. Für drei ausgewählte Personas wurde die typische Nutzung in Form von Userstories ausgearbeitet. Mithilfe dieser Erkenntnisse konnten die detaillierten Use Cases sowie Stakeholder-Anforderungen auch in der grafischen Modellierungssprache SysML des MBSE erfasst werden. Dabei stellten sich die Anwendungsfälle »Personenshuttle« und »Gütertransport KEP-Dienst« (KEP = Kurier-Express-Paket Dienst) als relevant heraus, was sich auch mit vergleichbaren Industrieprojekten der Konzeptrecherche, wie beispielsweise dem Rinspeed Snap oder dem Daimler Vision Urbanetic deckt (Raulf et al. 2021b). In einem wei-

teren Workshop 2020 wurden die Zukunftsszenarien und Anwendungsfälle weiter diskutiert und systematisch verfeinert. Eine mögliche Fahrzeugkonfiguration ist die Vision eines NFF-Shuttles, welches als autonomer Personentransporter fungiert. Nach eindeutigen Beschreibungen und festgelegten Bewertungskriterien konnten Priorisierungen durchgeführt werden. Anforderungen und Einschränkungen wurden im Zuge dieser Arbeiten ebenfalls ermittelt. Diese dienten als Ausgangspunkt für die nachfolgenden Arbeiten in AP3. In studentischen Arbeiten wurde noch der Anwendungsfall des NFF-Shuttles, welcher das NFF mit dem Hauptcampus der TU Braunschweig verbindet, detaillierter ausgearbeitet. Zudem wurde eine Methode entwickelt, die eine Harmonisierung verschiedenster Anwendungsfälle auf ein und derselben Plattform über einen 24-Stunden-Zyklus ermöglicht (Minol 2020).

Arbeitspaket 3: Fahrzeugkonzeption und Modularisierungsstrategien für das Gesamtfahrzeug

Ausgehend von den Ergebnissen aus AP1 und AP2 wurden in AP3 die Fahrzeugkonzeption und die Modularisierungsstrategien für das Gesamtfahrzeug ausgearbeitet. Dabei wurden Anforderungspakete und Spezifikationen einzelner Fahrzeugkonfigurationen definiert. Das Gesamtfahrzeugsystem wurde im Sinne des Systems Engineering in einzelne Ebenen (Systems of Systems bis Komponentenebene) und Perspektiven (Anforderungen, Funktionen, Struktur) unterteilt. Des Weiteren wurden kundenrelevante Funktionen (z. B. ergonomische Anforderungen) sowie technische Funktionen (z. B. Fahrfunktionen) abgeleitet. Die ermittelten Funktionen wurden wiederum mit sinnvollen Sub-Systemen und Komponenten sowie Teillösungen einzelner Entwicklungsdomänen verknüpft. Damit konnte eine ganzheitliche Beschreibung des Fahrzeugkonzepts erreicht werden. Daraus ergab sich eine Modularisierungsstrategie, welche letztlich das Ziel verfolgte, ein Grundmodul (Fahrmodul) zu entwickeln, welches mit weiteren Aufbaumodulen zu einem Gesamtfahrzeug ertüchtigt werden kann. Diese Aufbaumodule sollten sich je nach Bedarf eines Anwendungsfalles dynamisch zur Laufzeit austauschen lassen. In zwei Workshops mit den Projektbeteiligten wurden am NFF die Systemarchitektur und die Systemmodellierung thematisiert. Schwerpunkte lagen auf der Ableitung von notwendigen Komponenten von Grundmodul und Aufbaumodulen. Außerdem wurde mit Hilfe von MBSE die allgemeine modellbasierte Beschreibung des Systems bearbeitet, um alle Anforderungen, Komponenten und deren Verbindungen und Beziehungen zueinander darzustellen. Das übergreifende Systemmodell in MBSE vereinte letztlich alle relevanten Informationen für die Konzeption und die Entwicklung sowie für die funktionsorientierte Modularisierungsplattform und dient als Ent-

wicklungsplattform für alle Projektbeteiligten (Şahin et al. 2021). Zur Entwicklung innovativer Fahrwerkskonzepte sind nach einer Recherche grundlegende Regeln für das Fahrwerk des angestrebten Fahrzeugkonzepts erarbeitet worden. Das Fahrwerkskonzept sollte die Möglichkeit einer Höhenverstellung umfassen, weshalb sich für die Anwendung eines Luftfahrwerkes entschieden wurde. Diese sind in der Lage, sich verändernde Zuladungen auszugleichen. Weiterhin wurde ein flach aufbauendes Fahrwerk mit Anwendung von Doppelquerlenker-Achsen gewählt, um auf Seiten des Packaging die Flexibilität zu steigern.

Bei der Entwicklung eines Gesamtfahrzeugkonzepts namens »NFF-Peoplemover« wurden verschiedene Benchmark-Analysen durchgeführt und ein Strukturkonzept aufgestellt, um einen Einsatz als Personenshuttle am NFF zu ermöglichen. Unter Berücksichtigung von bestehenden modularen Fahrzeugen und einer Untersuchung von idealen Laderaumgrößen für bestehende Transportbehälter (Standardeinheiten wie EURO-Palette etc.) wurden vier Fahrzeugvarianten entwickelt (Koch 2020, 2021).

Parallel dazu beschaffte das IfF eine autonome Fahrzeugplattform namens PLUTO, woraus sich veränderte Randbedingungen hinsichtlich des Gesamtfahrzeugaufbaus und -packages ergaben, wodurch der Lösungsraum stärker konvergierte. Die Gesamtabmessungen des Konzepts wurden geringfügig an die der PLUTO angepasst und ein kompatibles Wechselkonzept nach der Idee eines autonomen Grund- und Aufbaumoduls bestimmt.

Arbeitspaket 4: Modulare Softwarearchitekturen und rekonfigurierbare Fahrzeugsysteme

Das vierte Arbeitspaket (AP4) beschäftigte sich mit modularer Softwarearchitektur für rekonfigurierbare Fahrzeugsysteme. Aufgrund der Komplexität von automatisierten Fahrfunktionen und Fahrsystemen ist eine Strukturierung und Zergliederung in Teilsysteme notwendig. Zwischen den beteiligten Teilsystemen wird eine eindeutige Definition von Schnittstellen erreicht, welche die Entwicklung und das Testen dieser Systeme erleichtert und für den interdisziplinären Entwicklungsprozess im Verbundprojekt notwendig ist. Nach dem Top-Down-Verfahren ist zunächst die Informationsverteilung im elektronischen Fahrzeugmanagement ermittelt worden, wobei notwendige Funktionalitäten für das autonome und elektrische Fahren identifiziert wurden. Für die Ermittlung von Schnittstellen für intelligente Teilfunktionen wurden Gespräche mit den beteiligten Partnern aus dem Projektverbund geführt. Die einzelnen Komponenten wurden letztlich in eine hierarchische Struktur eingeordnet. Das ISSE verantwortete die Entwicklung dieser Softwarearchitektur, welche zur Laufzeit rekonfigurierbar gestaltet worden ist und somit der Grundidee des Fahrzeugkonzeptes entspricht. Ebenfalls

beinhaltet diese Architektur die dynamisch anpassbare Middleware nach ISSE-eigenem Ansatz namens »DAiSI« sowie auch ROS2. Des Weiteren wurde der Einsatz des geplanten Sicherheitskonzeptes (Dependability Cage = Komponente, welche die Zuverlässigkeit/Stabilität prüft) für die Softwarekomponenten im autonomen Fahrbetrieb in der Architektur berücksichtigt. Der Dependability Cage ist notwendig, um auf nicht planbare Situationen im autonomen Fahrbetrieb reagieren und diese anschließend in Verbindung mit einem Kontrollzentrum (Kommandozentrale) computergesteuert lösen zu können. Für die Umsetzung der autonomen Fahrfunktionen wurde vom Iff, ausgehend von der PLUTO Plattform, eine modulare Funktionsarchitektur erarbeitet, in der alle funktionsrelevanten Aspekte eingegliedert werden können. Fahrzeug- und Sensorebene, Umfeldmodell, Bewegungsplanung sowie Regelung und Aktorik konnten hiermit adressiert werden. Zur Betrachtung der CAD-Schnittstellen wurde die Übergabe/Konvertierung der CAD-Daten aus dem Konstruktionsprogramm CATIA V5-6 sowie der Daten aus dem Designprogramm Rhinoceros, in die Virtual Reality Umgebung Unity als Testumgebung der ersten Konzeptideen überprüft.

Arbeitspaket 5: Virtuelle Entwicklungs- und Simulationsplattform

Innerhalb des Projektverbundes wurden verschiedenste Entwicklungswerkzeuge und -umgebungen für die einzelnen Fachdisziplinen genutzt. Aus diesem Grund sollte in AP5 eine domänenübergreifende virtuelle Entwicklungs- und Simulationsplattform für alle Partner geschaffen werden. Im Einzelnen wurden Werkzeuge (Tools) wie MATLAB/Simulink, CATIA V5-6, Unity oder auch dSpace und CarMaker eingesetzt. Basierend auf der autonomen Plattform PLUTO wurde ein Simulationsmodell erzeugt und validiert, welches für die simulationsgestützte Entwicklung von automatisierten Fahrfunktionen genutzt werden kann. Weiterhin wurde die Realumgebung durch die Einbindung einer digitalen Karte – welche eine maßgebliche Informationsquelle des automatisierten Fahrsystems ist – in der Simulation abgebildet. Im November 2020 wurde dann vom ISSE die Simulationsplattform in einem Metamodell weiterentwickelt, sodass die domänenspezifischen Modelle reibungslos in diese Plattform integriert werden konnten. Danach konnten Simulationen durchgeführt werden, in denen die beteiligten Modelle untereinander kommunizieren. Damit wurde eine gemeinsame Basis geschaffen. Diese Modelle konnten anschließend in ein übergreifendes Systemmodell übertragen werden. Die Daten ließen sich daraufhin in den Closed-Loop-Fahrsimulator der Ostfalia als Teil der virtuellen Entwicklungs- und Simulationsplattform implementieren, auf deren Basis wiederum autonome Fahrfunktionen unter Echtzeitbedingungen simuliert und abgesichert werden konnten. Die Simulationsplattform wurde begleitend zum Arbeitspaket

6 iterativ zur Validierung und Optimierung der Fahrzeugfunktionen eingesetzt und ist für die Realisierung von Funktionsträgern im Arbeitspaket 7 kompatibel zu weiteren Untersuchungen bzw. Tests. Die Qualität der Lösungen konnte dadurch stetig erhöht werden.

Arbeitspaket 6: Virtuelle Entwicklung eines modularen Fahrzeugkonzeptes für unterschiedliche Anwendungsfälle

Konkret beschäftigt sich das Arbeitspaket 6 (AP6) mit der virtuellen Entwicklung eines modularen Fahrzeugkonzeptes, dem NFF-Peoplemover, welches für unterschiedliche Anwendungsfälle zum Einsatz kommen kann (Abb. 2).



Abb. 2: Fahrzeugkonzept NFF-Peoplemover und Paketstation in VR-Darstellung (Eigene Darstellung).

Dabei wurden die zugehörigen Systeme für die autonomen Fahrfunktionen und auch Regelungen für Sicherheit und Fahrdynamik ausgearbeitet. Intelligente Fahrzeugfunktionen steuern das Batteriemangement, das prädiktive Energiemanagement und die Betriebsstrategie, Schnittstellen zu Umwelt-, Navigations- und V2X-Dateien, intelligente Algorithmen oder auch das prädiktive elektronische Fahrzeugmanagement. Wichtig war an dieser Stelle, dass die Rekonfigurierbarkeit des Konzepts auf Soft- und Hardwareebene zu jeder Zeit realisierbar blieb. Das NFF-Peoplemover-Konzept konnte in CAD aufgebaut und in ein VR-System übernommen werden. Das an dem Anwendungsfall ausgerichtete Aufbaumodul wurde an die Pluto-Plattform als Grundmodul angepasst. Zusätzlich wurde ein weiteres Aufbaumodul für den Pakettransport als mobile Paketstation ausgearbeitet. Um notwendige Sicherheits- und Fahrdynamikregelfunktionen realisieren zu können, wurde ein Torque Vectoring-System im Grundmodul integriert. Durch simulative Untersuchungen am validierten Modell der Fahrplattform konnte dabei gezeigt werden, dass gewünschte Vorgaben mit diesem Konzept erreicht werden. Die zugehörigen Ergebnisse wurden in der ATZ 12/20 veröffentlicht (Raulf et al. 2020).

Arbeitspaket 7: Realisierung ausgewählter Funktionsträger und Prüfstandsversuche zur Validierung

Arbeitspaket 7 (AP7) thematisiert die Realisierung von ausgewählten Funktionsträgern sowie Prüfstandsversuche zur Validierung der Ergebnisse aus dem Projekt. Dafür standen Hardware-in-the-Loop (HiL) Prüfstände wie der Closed-Loop-Fahrsimulator der Ostfalia oder auch ein flexibel konfigurierbares HiL-System zur Verfügung, um Optimierungspotenziale der Funktionsträger wie beispielsweise intelligente Algorithmen zu identifizieren. Für die digitale Entwicklung des Gesamtfahrzeugkonzepts wurde die PLUTO-Plattform digital abgebildet. Konstruktionsseitig lagen für diesen Zweck umfangreiche CAD-Modelle durch den Hersteller der Plattform Hanseatische Fahrzeug Manufaktur (HFM) vor. Das fahrdynamische Fahrzeugverhalten im Hinblick auf die Aktorik-Reaktionen bei Ansteuerung durch ein Automatisierungssystem wurde ebenfalls modelliert. Dafür wurde die Simulationssoftware CarMaker der Firma IPG eingesetzt. Ziel war es, das Fahrzeugregelverhalten realitätsnah abzubilden, um eine möglichst realistische digitale Entwicklung der Fahrfunktionalitäten zu erlauben. Die PLUTO-Plattform wurde in dieser Zeit zum automatisierten Fahren ertüchtigt, sodass die entwickelten Funktionalitäten in Realität erprobt werden konnten. Als Schritt zwischen der simulationsgestützten Entwicklung (SiL) und der Realimplementierung (ViL) auf der Fahrplattform wurde zudem ein Echtzeitsystem für die Anwendung im Büro beschafft und in die Toolkette integriert (HiL). Um eine kosteneffiziente und frühzeitige virtuelle Validierung umzusetzen, wurden Teile der Plattform in abstrahiert physischer Form als Modelle aufgebaut und dann mit virtuellen Bildern und Virtual Reality Technologien (VR) überlagert. Für die Umsetzung der VR-Prüfstandsversuche, die der Validierung der Innenraumkonzepte des Fahrzeugmoduls für den Personentransport dienen, erfolgte der Aufbau der erforderlichen Mixed Reality Infrastruktur in einem zugehörigen Labor am NFF. Die Ergebnisse der VR-Untersuchungen und einer eigens entwickelten Methode zu deren Erstellung wurden im Rahmen des 22. Stuttgarter Symposium Automobil- und Motorentechnik veröffentlicht (Everding et al. 2022).

Arbeitspakete 8 und 9: Durchführung von Fallstudien zur Erprobung des Gesamtsystems und Öffentlichkeitsarbeit

Fallstudien zur Untersuchung des entwickelten Gesamtsystems wurden in Arbeitspaket 8 (AP8) untersucht. Es wurden mithilfe von Proband*innentests in einem Mixed Reality Testaufbau im VR-Labor des NFF Versuche zur Konzeptvalidierung durchgeführt. Ziel war es, das entwickelte Interieur-Konzept des NFF-Peoplemovers zu validieren, um darauf aufbauend weitere Optimierungen vornehmen zu können. Aus den Versuchen konnten wertvolle Erkenntnisse hin-

sichtlich der Vertrauensbildung der Insassen abgeleitet werden. Weiter wurden die intelligenten Fahrfunktionen anhand von Anwendungsszenarien aus AP2 in der entwickelten Simulationsplattform (AP5) getestet. Die Anwendungsszenarien richteten sich dabei an den Personen- und Gütertransport. Kritische Manöver wie Notbremsen, Ausweichen und Überholen wurden ebenfalls untersucht. Anhand der Ergebnisse der Simulationen konnten die Algorithmen nach definierten Kriterien bewertet werden. Die Fähigkeiten des Dependability Cage aus AP4 konnten mit Hilfe der Fahrzeugplattform PLUTO in der Realität demonstriert und anschließend bewertet werden. Zudem wurden die Softwarekomponenten in der virtuellen Simulationsplattform untersucht. Besonders das Szenario der Rekonfiguration einzelner Komponenten zur Laufzeit stand hier im Fokus. Die Algorithmen zur Pfadplanung (AP6) konnten ebenfalls erfolgreich getestet werden. Dies erfolgte sowohl auf der Hardware- (Software)-umgebung im Büro als auch auf dem Fahrzeug in der Realität. Als reale Testumgebung diente dabei der Campus Nord der TU Braunschweig. Die erarbeitete Mixed Reality Plattform konnte abschließend noch um eine zusätzliche Umweltsimulation erweitert werden. Darüber hinaus konnte das Konzept der mobilen Paketstation in die virtuelle Welt und die VR-Simulation implementiert werden. Das Ergebnis wurde den Teilnehmer*innen des Abschlussevents am 30. Juni 2022 live aus der virtuellen Realität präsentiert.

Parallel zur Bearbeitung der vorgestellten Arbeitspakete erfolgten diverse nationale und internationale Publikationen und Tagungsteilnahmen im Rahmen des Innovationsverbunds.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch den Innovationsverbund auto-MoVe wichtige Methoden und Werkzeuge für die domänenübergreifende Entwicklung innovativer Fahrzeugkonzepte erarbeitet wurden. Die Identifikation der erforderlichen Technologien sowie die Verortung der entsprechenden regionalen Kompetenzen in Form eines Technologiebalkens und einer Kompetenzlandkarte stellen initiale Ergebnisse der Aktivitäten dar. Dabei wurden im Speziellen die Kompetenzen der regionalen Zulieferer und Entwicklungsdienstleister aus Niedersachsen einbezogen. Damit stehen zukünftig zwei wertvolle Tools für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge zur Verfügung.

Die Identifikation eines breiten Felds an Anwendungsfällen für den Einsatz dynamisch konfigurierbarer autonomer Fahrzeuge erfolgte im weiteren Verlauf des Projektes. Bei der Ausgestaltung konkreter Aufbaumodule wurde der Fokus jedoch auf den Anwendungsfall des Personentransports (NFF-People-

mover) sowie den Gütertransport (Mobile Packstation) gelegt. Die domänenübergreifende Entwicklung stellte Entwickler*innen vor diverse Herausforderungen. Innerhalb der einzelnen Bereiche kommen verschiedenste Modelle zum Einsatz, deren Verknüpfung untereinander sowie die konsistente Datenübergabe wesentliche Herausforderungen darstellten.

Die Wissensgrundlage bot ein MBSE-Systemmodell mit iterativem Charakter, um neue Einflussfaktoren jederzeit identifizieren und das Modell entsprechend aktualisieren zu können. Um eine bestmögliche Koppelung der domänenspezifischen Modelle mit diesem Systemmodell sicherzustellen, wurden in Abhängigkeit von der Entwicklungsaufgabe sinnvolle Schnittmengen ermittelt.

Aus den Erfahrungen im Verbund autoMove lassen sich Bedarfe zur Optimierung und Automatisierung von Validierungs-, Verifikations- und Zulassungsprozessen ableiten. Zur konkreten Umsetzung autonomer Fahrfunktionen im regulären Straßenverkehr bestehen nach wie vor umfassende Forschungsbedarfe. Ein möglicher Ansatz ist hierbei die weitergehende Verlagerung dieser Prozesse hin zu virtuellem Entwickeln und Testen.

Literatur

- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMDV) (2018): Mobilität in Deutschland – MiD. Ergebnisbericht. Unter Mitarbeit von infas, DLR und IVT Research. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn. Online verfügbar unter https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/mid-ergebnisbericht.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 12.10.2023.
- Everding, L.; Raulf, C.; Klapprott, M.; Vietor, T. (2022): User-Oriented Development of Autonomous Vehicles using Immersive Visualization Tools. In: Michael Bargende, Hans-Christian Reuss und Andreas Wagner (Hg.): 22. Internationales Stuttgarter Symposium. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Proceedings), S. 112–124.
- Koch, M. (2020): Entwicklung eines modularen und wechselbaren Fahrzeugaufbaus für den Personentransport. Masterarbeit. TU Braunschweig, Braunschweig. Institut für Konstruktionstechnik.
- Koch, M. (2021): Entwicklung eines modularen und wechselbaren Fahrzeugaufbaus für den Personentransport. Studienarbeit. TU Braunschweig, Braunschweig. Institut für Konstruktionstechnik.
- Minol, L.-M. (2020): Methodische Entwicklung eines Modells zur Harmonisierung von Anwendungen modular aufgebauter, autonom fahrender Mobilitätsträger. Masterarbeit. TU Braunschweig, Braunschweig. Institut für Konstruktionstechnik.
- Raulf, Christian; Pethe, Chris; Vietor, Thomas; Henze, Roman (2020): Dynamisch konfigurierbare Fahrzeugkonzepte für das autonome Fahren. In: ATZ Automobiltech Z 122 (12), S. 46–51. DOI: 10.1007/s35148-020-0353-z.

Raulf, C.; Proff, M.; Huth, T.; Vietor, T. (2021a): An Approach to Complement Model-Based Vehicle Development by Implementing Future Scenarios. In: WEVJ 12 (3), Artikel 97. DOI: 10.3390/wevj12030097.

Raulf, C.; Yarom, O. A.; Zhang, M.; Hegerhorst, T.; Şahin, T.; Vietor, T. et al. (2021b): auto-MoVe – Dynamisch konfigurierbare Fahrzeugkonzepte für den nutzungsspezifischen autonomen Fahrbetrieb. In: Heike Proff (Hg.): Making Connected Mobility Work. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 167–187.

Şahin, T.; Raulf, C.; Kizgin, V.; Huth, T.; Vietor, T. (2021): A Cross-domain System Architecture Model of Dynamically Configurable Autonomous Vehicles. In: Michael Bargende, Hans-Christian Reuss und Andreas Wagner (Hg.): 21. Internationales Stuttgarter Symposium Automobil- und Motorentechnik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Proceedings), S. 13–31.



© Lars Everding | Louisa Krüger | Thomas Vietor | Torben Hegerhorst | Roman Henze | Christian Raulf

Das Zukunftslabor Energie

Digitalisierung im Fokus

Astrid Nieße | Laura Niemann |
Tobias Grimm | Sebastian Lehnhoff

Im Zukunftslabor Energie stehen die Digitalisierung der Energiesysteme und die Digitalisierung der Energieforschung im Fokus. Interdisziplinäre Teams fördern ein umfassendes Verständnis des Energiesektors, indem sie verschiedene Perspektiven einbringen. Sie legen besonderen Wert auf Transparenz sowie den freien Austausch von Wissen. Die hier dargestellten Arbeiten widmen sich unterschiedlichen Herausforderungen der Energiewende, insbesondere in aktiven Verteilnetzen und Quartieren sowie der Entwicklung innovativer digitaler Lösungen für die Energiesysteme der Zukunft.

Einleitung

Der Umstieg auf erneuerbare Energien sowie die Elektrifizierung von zuvor fossil betriebenen Fahrzeugen und Heizungen bis hin zur Vision einer »all-electric world« erfordern neue Lösungen für bestehende Herausforderungen der Energiesysteme und alle damit verknüpften Komponenten. Das Zukunftslabor Energie treibt die Entwicklung von Lösungen für spezifische Probleme in diesem Kontext voran und fokussiert dabei auch auf die Wissenschaft selbst: Mit offener Forschung, dem strukturierten Austausch von Daten sowie der Vernetzung niedersächsischer Energieforschungsinstitute schafft das Zukunftslabor Energie Grundlagen für eine erfolgreiche niedersächsische Energieforschungslandschaft.

Diese Sicht auf sowohl die Herausforderungen zukünftiger Energiesysteme als auch die Herausforderungen der Energieforschung bearbeitet das Zukunftslabor Energie in zwei Säulen: Bei der ersten Säule liegt der Fokus auf der Erforschung digitalisierter Energiesysteme und der Analyse der komplexen Wechselwirkungen zwischen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Energiesystemen. Die zweite Säule des Zukunftslabors widmet sich der Digitalisierung der Energiesystemforschung und entwickelt eine kollaborative Forschungs- und Entwicklungsplattform, die die Transparenz und Effizienz in der Energieforschung erhöhen soll. In diesem Verständnis werden Artefakte und Erkenntnisse aus der ersten Säule als wertvolle Grundlagen und Ressourcen für die zweite Säule eingebracht. Abbildung 1 zeigt den Aufbau der Arbeiten.



Abb. 1: Projektstruktur des Zukunftslabors Energie mit den zwei wesentlichen Säulen (Quelle: Darstellung aus dem Zukunftslabor Energie).

Durch die Bildung interdisziplinärer und institutsübergreifender Arbeitsgruppen sowie die Einbindung von Praxispartnern wird sichergestellt, dass verschiedene fachliche Perspektiven berücksichtigt werden und die jeweiligen Kompetenzen jedes Partners an geeigneter Stelle im Projekt nicht nur intern genutzt, sondern auch im Transfer in die Praxis eingebracht werden.

Open Science im Zukunftslabor Energie: Vorgehensweise und Prinzipien

Open Science zielt darauf ab, die wissenschaftliche Forschung transparent und für alle Akteure des Prozesses – aus Wissenschaft, Gesellschaft und Industrie – zugänglich zu gestalten. Das Hauptziel ist es, jeden Schritt des Forschungsprozesses transparent zu gestalten, um den freien Austausch von Wissen zu fördern. Open Science besteht aus vier zentralen Schlüsselkomponenten: Open Methods, Open Source, Open Access und Open Data.

Open Methods konzentriert sich darauf, die Transparenz, den Austausch und die gemeinsame Nutzung von Forschungsmethoden zu fördern. Open Source steht für kosten- und barrierefreien und öffentlichen Zugang zu Software. Quellcodes sind für alle interessierten Akteure verfügbar und nutzbar, idealerweise schon in der Entwicklung. Open Access zielt darauf ab, Forschungsergebnisse ohne finanzielle, technische oder rechtliche Barrieren der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Open Data, im Sinne des FAIR-Prinzips (siehe Krefting et al. in diesem Band), sorgt dafür, dass Daten auffindbar, zugänglich, interoperabel und wiederverwendbar sind (Directorate-General for Research and Innovation 2021, ZDIN-ZLE 2021).

Das Zukunftslabor Energie hat sich mit seiner Open Science Declaration (ZDIN-ZLE 2021) verpflichtet, Open Science zur Grundlage der gemeinsamen Zusammenarbeit zu machen. In diesem Verständnis werden frei verfügbare und FAIR-konforme Datensätze verwendet, Publikationen unter Open Access-Lizenz publiziert und bereits Zwischenergebnisse veröffentlicht und damit zur Diskussion gestellt. Die entwickelte Software ist in einem öffentlichen GitLab-Repository für alle Interessierten kostenfrei einsehbar (<https://gitlab.com/zdin-zle>). Ein entscheidender Schritt im Projekt ist die Entwicklung eines Prototyps für eine Forschungsplattform, die die Prinzipien von Open Science in die Praxis der angewandten Forschung umsetzt. Ferner ist seit 2018 der Open Access Nano Energiesystemsimulator NESSI (<https://nessi.iwi.uni-hannover.de/de/>) entwickelt worden, der auch für Nicht-Expert*innen einfach zu bedienen ist.

Um den Open Science-Ansatz erfolgreich umzusetzen, ist im Zukunftslabor Energie mit seinen vielfältigen Fachdisziplinen die Schulung der Teammitglieder von großer Bedeutung. Dafür wurde eine Schulungsreihe konzipiert, um das Wissensniveau der Teammitglieder anzugleichen und die individuellen Kompetenzen und Kenntnisse der Partner in der Gesamtgruppe nutzbar zu machen. Dies gewährleistet einen gemeinsamen Wissensstand und einen einheitlichen Qualitätsstandard für die entwickelte Software. Die Schulung deckt Themen wie Open Science, Versionskontrolle, Use Case Modeling, Softwarearchitektur und Software-Tests ab, um sicherzustellen, dass alle Partner die Anforderungen dieses Ansatzes erfüllen können. Dies ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu erfolgreicher Open Science im Zukunftslabor Energie.

Zudem wird großer Wert auf Öffentlichkeitsarbeit gelegt. Auf der Webseite des Zentrums für digitale Innovationen (ZDIN) finden sich verschiedene Berichte, die einen Einblick in die Arbeit des Zukunftslabors Energie gewähren. Darüber hinaus war das Projekt auf verschiedenen Veranstaltungen präsent, etwa auf der Hannover Messe 2023 und im Rahmen eines »Meet the Scientist«-Events im phaeno in Wolfsburg. Diese Präsenz ermöglichte es, Projektergebnisse aktiv mit der Gesellschaft zu besprechen und zu diskutieren. Formate unter diesem Anspruch und in jeweils zielgruppenangepasster Form werden kontinuierlich entwickelt und bewertet. In der Zeit des pandemiebedingten Lockdowns wurde beispielsweise für verschiedene Industriepartner ein Workshop aufgesetzt, der in gemischten Kleingruppen aus Forschenden und Unternehmensvertreter*innen einen intensiven Austausch zwischen Wissenschafts- und Praxispartnern ermöglichte.

Im Folgenden wird ein vertiefender Blick in ausgewählte Arbeitspakete gegeben (vgl. Abb. 1).

Säule 1: Erforschung digitalisierter Energiesysteme

Der Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, die zunehmende Nutzung dezentraler erneuerbarer Energie und der Einsatz lokaler Energiespeicher stellen das Stromnetz vor neue Herausforderungen. Die Entwicklung hin zu einem modernen und nachhaltigen Energiesystem erfordert den Ausbau aktiver Verteilnetze, die erneuerbare Energiequellen und steuerbare Verbraucher effektiv integrieren können. Der Digitalisierung der Energiesysteme kommt in diesem Zusammenhang eine Schlüsselrolle zu. Daher liegt in Säule 1 des Projekts der Fokus auf der Untersuchung komplexer Wechselwirkungen zwischen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Energiesystemen. Das Ziel dieses Arbeitspaketes ist es, innovative Ansätze zur Analyse und Optimierung dieses »Cyber-Physical-Energy-System-of-Systems« zu erarbeiten und ihre Resilienz zu untersuchen. Besonderes Augenmerk gilt dabei dem Einfluss elektronischer Mess-, Überwachungs- und Automatisierungssysteme auf die Effizienz, Optimierung und Stabilität von dezentralen Quartiersversorgungskonzepten. Dabei werden auch aktuelle Themen wie Technologieakzeptanz und Datenschutz berücksichtigt.

Die Grundlage dieser Arbeit bilden reale Quartiere in Norddeutschland, für die nicht nur die jeweils spezifischen Quartierseigenschaften erfasst wurden, sondern auch eine einheitliche Szenarienbeschreibung entwickelt wurde. Auf dieser Basis werden verschiedene Versorgungsszenarien modelliert und fünf technologiefokussierte Durchstichszenarien entwickelt (siehe Abb. 2). Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Wiederverwendbarkeit, Qualität und umfassenden Dokumentation der einzelnen Komponenten, was im Einklang mit den Prinzipien des Open-Science-Ansatzes steht. Diese Herangehensweise ermöglicht eine schrittweise Entwicklung der Szenarien und fördert eine aufeinander aufbauende Entwicklung. Daher befinden sich die Szenarien in verschiedenen Entwicklungsstadien und werden folgend genauer erläutert.

Szenario 1 GEBÄUDE	Szenario 2 FLEXIBILITÄT	Szenario 3 E-MOBILITÄT	Szenario 4 IKT-STÖRUNGEN	Szenario 5 NETZBETRIEB
Einbindung von Gebäudemodellen über FMU-Schnittstellen in die MOSAIK Co-Simulation	Multimodale Flexibilitätsnutzung im Quartier zur Lösung von Problemen im Stromnetz	Netzaufnahmefähigkeit für E-Mobilität in Quartieren mit energetischem Sanierungsbedarf	Auswirkungen von Ausfällen und Verzögerungen in der Kommunikation auf die Energieversorgung	Laborvernetzte Co-Simulation zum robusten Betrieb hoch digitalisierter Niederspannungsnetze
Gebäudemodell Wärmepumpe Speichermodell PV-Modell Co-Simulation	Flexibilitätsmodellierung Netzsimulation PV-Modell Gebäudesimulation Co-Simulation	E-Mobilität Speichermodell statische Daten Netzsimulation Co-Simulation PV-Modell Visualisierung	Co-Simulation PV-Modell Kommunikationsmodelle statische Daten Netzsimulation Speichermodell Flexibilitätsmodelle	Robuster Netzbetrieb Co-Simulation Netz(ebenen)- Emulation Laborschnittstellen

Abb. 2: Die fünf themenfokussierten Durchstichszenarien im Zukunftslabor Energie (Quelle: Darstellung aus dem Zukunftslabor Energie).

Aufbau und Entwicklung der Szenarien

Im Szenario »Gebäude« entwickeln Forschende ein flexibles Gebäudemodell für Wohnhäuser. Aus den generierten Lastprofilen für Heizung, Warmwasser und Strombedarf werden verschiedene Wohngebäude detailgetreu modelliert und in anpassbare Modelle in einer Simulationsumgebung überführt. Die Modellierung erfolgt über die Programmiersprache Python und es wird für die Co-Simulation das offene Co-Simulations-Framework »mosaik« verwendet. Das Framework *mosaik* wird in vier der fünf Szenarien genutzt, um die Modelle zu koppeln und die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Energiekomponenten zu analysieren. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, ist *mosaik* modular aufgebaut und kann Komponenten wie Windkraftanlagen und PV-Anlagen co-simulieren, um ein Smart Grid abzubilden.

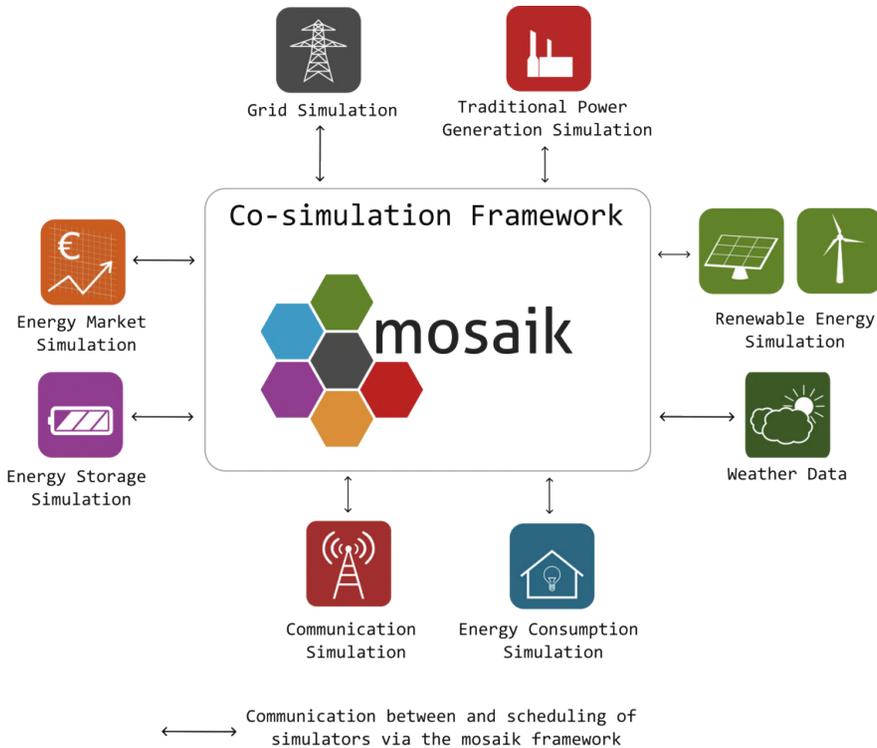


Abb. 3: Modularität des Co-Simulation Framework mosaik (Quelle: mosaik-team [2019]).

Das Szenario »Flexibilität« untersucht die Nutzung von Flexibilität in einem Wohnquartier zur Bewältigung von Engpässen im Stromnetz. Flexibilität stellt die Möglichkeit zur Anpassung des Stromverbrauchs oder auch der Stromerzeugung im Quartier dar, um sich an äußere Umstände anzupassen und die Stabilität

im Stromnetz zu gewährleisten. Dafür wird ein Flexibilitätsmodell entwickelt, welches die Flexibilität einheitlich koordiniert. Die Forschung konzentriert sich auf die Nutzung von Batterien und Heizungs-, Lüftungs- und Klimasystemen als Flexibilität, die je nach Bedarf und Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom geregelt werden können. Dabei spielt die Kommunikation der verteilten Systeme eine wichtige Rolle, um etwa Ladezustände von Batteriespeichern miteinander auszutauschen. Kommunikationsstörungen können in einem solchen System ungeplante Folgen haben, weshalb die Untersuchung von Kommunikationsstörungen und deren Bewältigung Teil der Forschung im Bereich Flexibilisierung des Stromsystems ist.

Das Szenario »E-Mobilität« widmet sich der Herausforderung, die Auswirkungen der zunehmenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen im Quartier »Am Ölper Berge« in Braunschweig auf das Stromnetz zu analysieren. Das Forschungsziel besteht darin, die Netzaufnahmefähigkeit zu analysieren und einschränkende Faktoren zu identifizieren. Verschiedene Szenarioausprägungen werden betrachtet, die das Quartier in einer Energiegemeinschaft abbilden, um nutzerseitige Verbesserungsmaßnahmen wie kooperative Stromerzeugung, Speicherung und intelligente Ladestrategien zu testen. Ein vereinfachter Aufbau des Modells ist in Abbildung 4 zu erkennen (vgl. Wagner et al. [2021] für eine Detailbeschreibung).

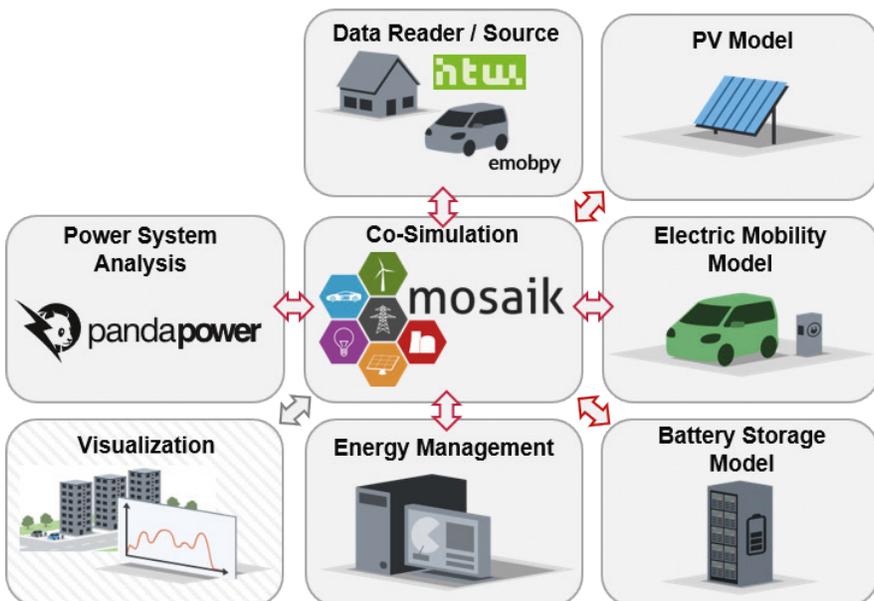


Abb. 4.: Übersicht über das Szenario E-Mobilität mit zentralen Komponenten (Quelle: Reinhold und Wagner [2021]).

Im Szenario »IKT-Störungen« wird ein Modell entwickelt, um die Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten – beispielsweise zwischen PV-Anlagen und Batteriespeichern – in modernen Energiesystemen abzubilden und so ein mehrdimensionales Energiesystem darzustellen. Es dient dazu, unterschiedliche Kommunikationsprobleme wie Unterbrechungen, Latenzzeiten und Datenverluste zu simulieren und die Auswirkungen dieser Probleme auf die Leistungsfähigkeit des Energiesystems zu analysieren. Ziel ist es, die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Komponenten zu erforschen, besser zu verstehen und zu analysieren, welche Auswirkungen Störungen auf die Stabilität des Stromnetzes haben.

Das Szenario »Netzbetrieb« hat das Ziel, reale Effekte und komplexe Eigenschaften von Netzkomponenten in die Untersuchungen einzubeziehen. Dies ist besonders wichtig, da herkömmliche Computersimulationen diese Aspekte häufig vernachlässigen. Um dies zu bewerkstelligen, wird ein innovatives Konzept entwickelt, das räumlich getrennte Energielabore in Niedersachsen verbindet, um gemeinsame Experimente zu ermöglichen. Dabei wird eine Netzstruktur modelliert, standardisierte Niederspannungs-Typnetze werden eingerichtet und Strategien zur Spannungsregelung an Netzknoten durch dezentrale Flexibilitätsbereitstellung simuliert. Zur Umsetzung dieser Idee werden Labore in Emden und Oldenburg mithilfe eines VPN vernetzt. Aktuell wird das Kopplungsframework VILLASnode verwendet, das die erforderlichen Schnittstellen, zeitliche Auflösung und Echtzeitfähigkeit bietet. Es wurden zwei Szenarien entwickelt, um Netzengpässe und Überlastungen zu verhindern. In beiden Szenarien wurden reale PV-Wechselrichter und Hausbatteriespeicher eingesetzt, um netzdienlich ihr Flexibilitätspotenzial einzusetzen.

Gewonnene Erkenntnisse zur Elektromobilität und zum Netzbetrieb

Im Szenario »E-Mobilität« konnte bereits die zentrale Erkenntnis erzielt werden, dass die Netzaufnahmefähigkeit von Elektrofahrzeugen im Quartier »Am Ölper Berge«, welches stellvertretend für viele ähnliche Quartiere betrachtet wurde, bereits gegeben ist. Es ist möglich, mehr Elektrofahrzeuge im Szenario »EV« mit simplem, unkoordiniertem Laden der Elektrofahrzeuge (»max. power«) zu versorgen, als Abstellmöglichkeiten für Fahrzeuge im Quartier vorhanden sind (Abb. 5). Weiterhin wurde ermittelt, dass die bloße Integration von Photovoltaikanlagen und Batteriespeichern allein nicht zu einer bedeutenden Steigerung der Elektrofahrzeugkapazität führt (siehe »max. power« im Szenario »EV_PV« bzw. im Szenario »EV_PV_STO« in Abb. 5). Gesteuerte Ladestrategien, etwa das Laden des E-Autos nach einer Prognose (»forecast«), das Laden bei Sonnenschein (»solar«) oder nächtliches Laden (»night«), können die Netzaufnahmefähigkeit

von Elektrofahrzeugen in allen Szenarien deutlich steigern, indem sie von Synergieeffekten profitieren. Der zentrale Einsatz von Flexibilität zur Vermeidung von Spannungsbandverletzungen (Szenario »GRID_OBSV« in Abb. 5) bewirkt einen erheblichen Anstieg der Elektrofahrzeugkapazität über alle Ladestrategien hinweg. Die Kombination aus den gesteuerten Ladestrategien »forecast« und »solar« in Verbindung mit dem zentralen Einsatz von Flexibilität erzielten die besten Ergebnisse mit einer Steigerung der Netzaufnahmefähigkeit von 43 % gegenüber dem einfachen Szenario »EV« mit »max. power«. Diese Erkenntnisse tragen dazu bei, nachhaltige Energiesysteme zu fördern und die Integration von Elektromobilität voranzutreiben (vgl. Wagner et al. [2022] für weitere Details).

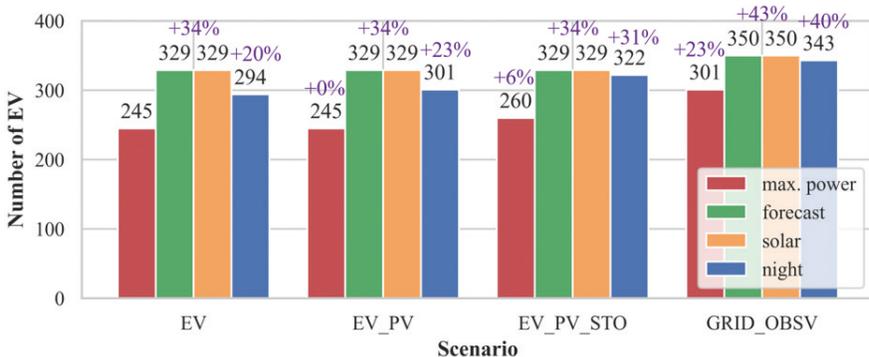


Abb. 5: Netzaufnahmefähigkeit von Elektrofahrzeugen im Quartier »Am Ölper Berge« basierend auf dem Simulationsszenario und Ladestrategie. EV = Electric Vehicles (E-Autos), PV = Photovoltaik, STO = Storage, GRID_OBSV = Grid-Observer (Zentrale Überwachung zur Koordination vorhandener Flexibilität) (Quelle Wagner et al. [2022]).

Im Kontext des Szenarios »Netzbetrieb« konnten ebenfalls bereits erste aufschlussreiche Einsichten gewonnen werden. Ein zentrales Anliegen bestand darin, zu prüfen, ob die Verknüpfung von Hardware in den Laboren an den verschiedenen Forschungsstandorten den Anforderungen an Latenz (die Zeitspanne zwischen einem Ereignis und der sichtbaren Reaktion darauf) und Datenübertragung gerecht wird. In den konkreten Fällen ergaben Latenztests, dass die Verzögerung zwischen den Laboren im Mittel 65 Millisekunden beträgt, was die gesetzte Anforderung an quasidynamische Echtzeitsimulationen mit Zeitschritten von einer Sekunde übertrifft.

Des Weiteren konnten Unterschiede zwischen der verwendeten herkömmlichen Simulation (monolithisch numerisch) und der PHiL Co-Simulation (PHiL = Power Hardware in the Loop, steht für die Integration realer Komponenten in eine Simulationsumgebung) festgestellt und untersucht werden. Abbildung 6 zeigt, dass zwischen der monolithisch numerischen und der PHiL Co-Simu-

lation Abweichungen bestehen. Dennoch ist ersichtlich, dass die erwartbaren Abweichungen zwischen den gemessenen Spannungs- und Leistungswerten der PHiL Co Simulation und der reinen Berechnung verhältnismäßig gering ausfallen und durch weitere Anpassungen weiter gesenkt werden können. Damit können praktische Lösungen für die komplexen Anforderungen der modernen Energiesysteme leichter und schneller entwickelt werden. Ebenfalls deutlich wurde, dass für dynamischere Untersuchungen geringere Verzögerungen in der Kommunikation zwischen den Simulatoren erforderlich sind (vgl. Fayed et al. [2023] für weitere Details). Im nächsten Schritt sollen Labore aus den Sektoren Wärme und Mobilität in die Forschung integriert werden, da sie zusätzliche Herausforderungen für die Stromnetze darstellen.

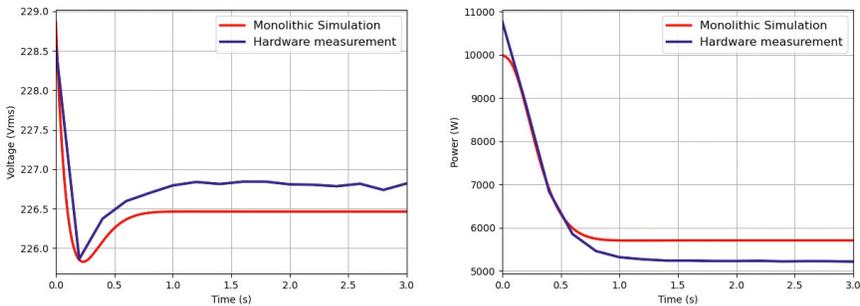


Abb. 6: Vergleich der Spannung am Netzverknüpfungspunkt und Leistungsbereitstellung von monolithischer Simulation (Monolithic Simulation) und PHiL Co-Simulation (Hardware Measurement) (Quelle: Fayed et al. [2023]).

Säule 2: Digitalisierung der Energieforschung

Die dynamische Entwicklung der Energiesysteme durch erneuerbare Energien und die Elektrifizierung unterschiedlicher Sektoren unterstreicht die gegenwärtige Bedeutung der Energieforschung. Dabei steht insbesondere die Notwendigkeit im Vordergrund, aktuelle Forschungsergebnisse leicht auffindbar und zugänglich zu machen. Dies gewährleistet, dass neue Erkenntnisse und Fortschritte effektiv verbreitet werden und als Grundlage für weitere Arbeiten dienen können. Daher wird im Zukunftslabor Energie an der Entwicklung einer kollaborativen Forschungs- und Entwicklungsplattform für digitalisierte Energiesysteme gearbeitet. Dabei stehen die folgenden Ziele im Fokus:

- Wissensverbreitung: Forschungsergebnisse leichter zugänglich machen und die Verbreitung von Wissen fördern;

- Wissensaustausch: Forschenden bei der Auswahl von Kooperationspartnern, Methoden, Daten und Modellen zu helfen, was die Qualität und Relevanz der Forschung steigert;
- Wissenstransfer: Sicherstellen, dass Forschungsergebnisse in die Gesellschaft und Wirtschaft übertragen werden, um einen realen Nutzen zu erzielen;
- aktive Teilnahme an der Erforschung von Energiesystemen: Durch einen einfachen Einstieg in Co-Simulation wird das Mitwirken von Interessensvertretern an der Energieforschung gefördert.

Konzeptualisierung der Plattform

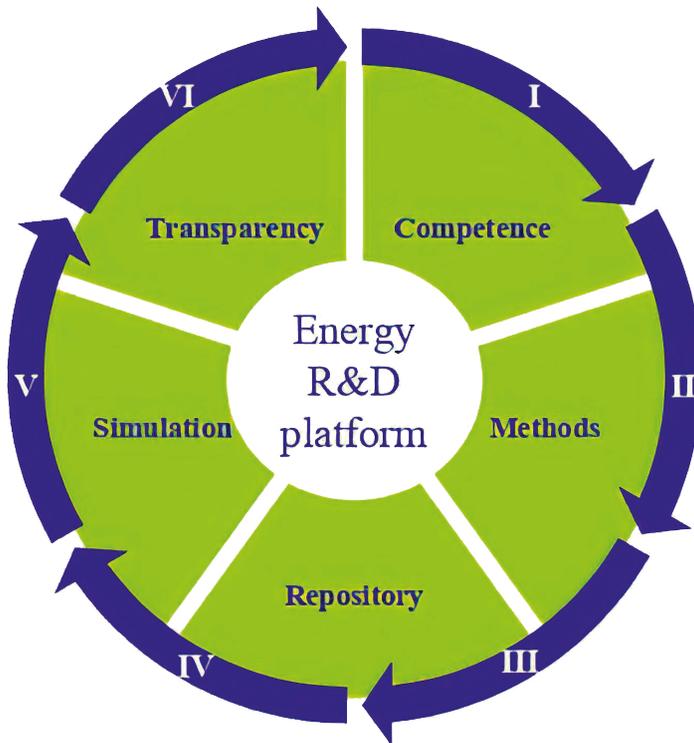


Abb. 7: Elemente der Forschungsplattform (Quelle: Ferez et al. [2022]).

Um die Anforderungen an die Plattform zu verstehen, wurden existierende Ansätze verglichen, bereits vorhandene Websites analysiert und – basierend auf Interviews der relevanten Stakeholder – eine Plattformvision erstellt. So konnten spezifische Merkmale und Subelemente identifiziert werden, die für die Entwicklung und Implementierung einer effizienten, von den Stakeholdern akzep-

tierten und somit letztlich erfolgreichen Forschungsplattform von Bedeutung sind (vgl. Ferenz et al. [2022] für eine Detailbeschreibung der Konzeption).

Elemente der Plattform

Das Plattformelement »Core« wurde eingeführt, um andere Elemente mit grundlegenden Funktionen zu unterstützen. In diesem Bereich sind allgemeine Funktionen wie die Menüführung und die Suche angesiedelt. Die »Federated Search« ermöglicht es den Nutzer*innen, auf der gesamten Plattform nach Inhalten zu suchen. Ebenfalls in diesem Bereich ist die Entwicklung der Serverstruktur angesiedelt, die die Interoperabilität der einzelnen Elemente sicherstellt, weshalb dieser Bereich auch als das »technische Grundgerüst« bezeichnet werden kann.

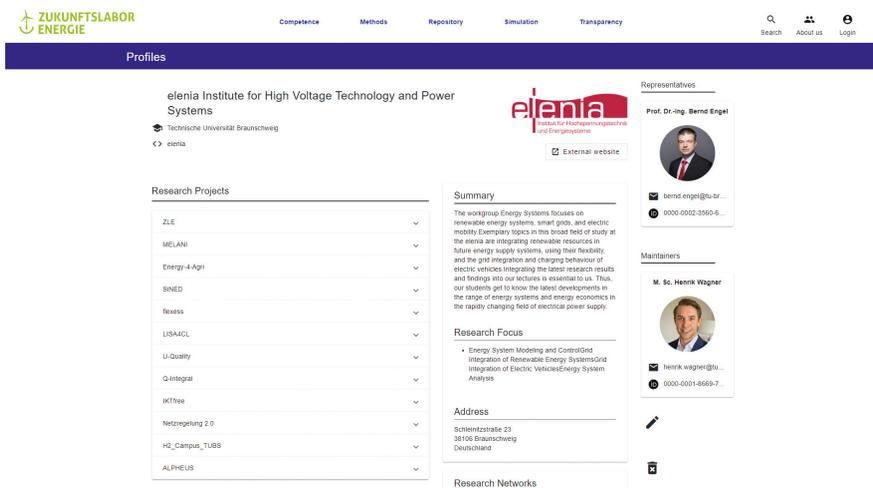


Abb. 8: Beispiel eines Profils auf der Forschungsplattform (Quelle: Eigene Darstellung des Zukunftslabor Energie).

Das Plattformelement »Competence« hat das Ziel, die vielfältigen Kompetenzen im Energieforschungsnetzwerk des Zukunftslabors Energie darzustellen. Competence umfasst vier Schlüsselemente, die eine facettenreiche Darstellung der Forschungskompetenzen ermöglichen:

- Profiles: Vergleichbar mit gut durchdachten Forschungssteckbriefen werden Einblicke in die Forschungskompetenzen und -interessen der Netzwerkmitglieder ermöglicht (Abb. 8);
- Forschungsnetzwerke: Dieses Subelement bietet einen Überblick über die Forschungsnetzwerke, die aus den Profilen extrahiert werden. Das ermöglicht es potenziellen Nutzern, direkt Anknüpfungspunkte zu finden;

- Forschungscluster: Hier erfolgt die Zusammenfassung von Forschungs-kompetenzen in frei definierbaren Clustern. Kurzbeschreibungen ermög-lichen hier einen schnellen Überblick;
- Forschungslandkarte: Dieses Subelement visualisiert die geografische Nähe von aktuellen und potenziellen Forschungspartnern.

Insgesamt verleiht dieses Konzept dem Energieforschungsnetzwerk des Zukunfts-labors Energie Struktur und Zugänglichkeit. Es ermutigt Forschende und Inter-essierte dazu, miteinander in Kontakt zu treten und von der breiten Palette an Kompetenzen zu profitieren.

Das Element »Methods« bietet nicht nur Ideen zur Strukturierung kooperativer Energieforschung, sondern präsentiert auch bewährte Praktiken aus erfolg-reichen Energieforschungsprojekten sowie Richtlinien zur Nutzung der Platt-form. Bei der Auswahl des geeigneten Frameworks zur Darstellung von Methods wurden verschiedene Optionen sorgfältig evaluiert; es wurde festgestellt, dass eine Struktur ähnlich der eines Nachschlagewerks oder einer Enzyklopädie am besten geeignet ist. Nach gründlicher Überlegung wurde »MediaWiki« als das bevorzugte Tool ausgewählt. Es bietet eine benutzer*innenfreundliche Ober-fläche und ermöglicht gleichzeitig die Anpassung an den Corporate Style.

The screenshot shows a web interface for a research platform. The main content area displays the title 'Analysis of the Grid Capacity for Electric Vehicles in Am Ölper Berge District in Lower Saxony'. Below the title, there is a brief description of the repository's aim. The 'Data and Resources' section lists two datasets: 'Braunschweig MeteoData 2020' and 'Gesamtverbrauchsdaten', each with an 'Explore' button. An 'Additional Info' table provides metadata for the dataset.

Field	Value
Source	https://gitlab.com/zdin-zle/scenarios/grid-capacity-for-electric-mobility
Author	Fernando Andres Penaherrera Vaca
Maintainer	Fernando Andres Penaherrera Vaca
Last Updated	September 11, 2023, 1:53 PM (UTC+02:00)
Created	September 11, 2023, 1:43 PM (UTC+02:00)

Abb. 9: Beispiel eines Datensatzes auf der Forschungsplattform (Quelle: Eigene Darstellung des Zukunftslabors Energie).

Das Repository im Zukunftslabor Energie dient als zentraler Ort zur Verwaltung von Forschungsdaten und basiert auf der Open-Source-Plattform CKAN. Diese bietet ein leistungsstarkes System zur Katalogisierung, Speicherung und zum Zugriff auf Datensätze. In der Kategorie »Datensätze« befindet sich eine übersichtliche Liste bestehender Datensätze, die gefiltert und sortiert werden können. Dies erleichtert die schnelle und effiziente Suche nach relevanten Daten. Dabei folgt die Erstellung neuer Datensätze einem standardisierten Datenschema, um die Lesbarkeit zu erleichtern. Datensätze können verschiedenen Gruppen und Organisationen zugeordnet werden, sodass schnell eine Übersicht über Forschungsergebnisse einzelner Organisationen gesichtet werden kann. Ein Beispieldatensatz ist in Abb. 9 dargestellt. Dies fördert die Zusammenarbeit und den effizienten Austausch von Forschungsdaten im Zukunftslabor Energie.

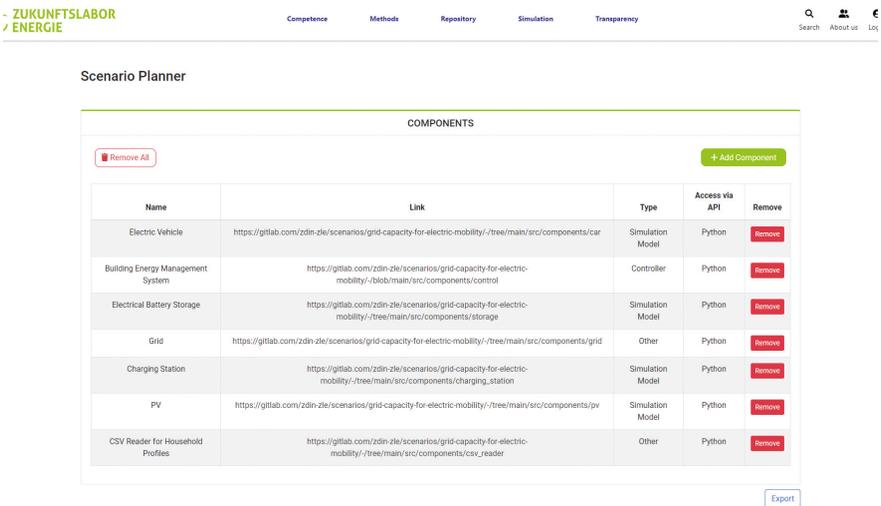


Abb. 10: Scenario Planner der Forschungsplattform (Quelle: Eigene Darstellung des Zukunftslabors Energie).

Das Element »Simulation« bietet die Möglichkeit zur Kopplung und Wiederverwendung verschiedener Simulationswerkzeuge und Modelle für komplexe Szenarien. Es können über den sogenannten »Scenario Planner« eigene Szenarien mit verschiedenen Komponenten zusammengestellt werden (Abb. 10). Dafür gibt es einen Komponentenkatalog, um eine Übersicht über alle verfügbaren Komponenten zu erlangen. Speichern und späteres Wiederaufrufen der eigenen Szenarien ist auch möglich. Außerdem existieren vordefinierte Beispielszenarien (Artefakte aus Säule 1), welche simuliert werden können. Dadurch ist ein leichter Einstieg in die Co-Simulation möglich. Dies ermöglicht eine flexible und kollaborative Arbeitsweise im Bereich der Energieforschung.

Das Transparency-Element macht die Energieforschung für die Öffentlichkeit transparenter und zugänglich. Transparency besteht aus vier Hauptkomponenten:

Das Forum dient als Marktplatz für den intensiven Dialog zwischen neugierigen Bürger*innen und Wissenschaftler*innen, auf dem Ideen ausgetauscht und neue Erkenntnisse gewonnen werden können. In den anderen drei Subelementen – Article Summaries, Project Summaries und Educational Content – werden Forschungs-, Projekt- und Lehrinhalte auf anschauliche und leicht verständliche Weise präsentiert. Die Erstellung neuer Inhalte wird möglichst einfach gestaltet. Die Subelemente bieten benutzerfreundliche Eingabemasken, die es Forschenden und Wissenschaftler*innen ermöglichen, ihre Erkenntnisse und Entdeckungen mühelos zu präsentieren. Transparency hat das Ziel, eine Brücke zwischen der komplexen Welt der Energieforschung und der breiten Öffentlichkeit darzustellen. Es schafft Transparenz, fördert den Zugang zu relevanten Informationen und schafft somit eine Plattform, auf der Forschung und Wissen ausgetauscht, erklärt und diskutiert werden können.

Ausblick

Das Zukunftslabor Energie widmet sich einerseits der Forschung an digitalisierten Energiesystemen, andererseits der Digitalisierung der Energiesystemforschung. Open Science-Ansätze und eine modulare Herangehensweise an Entwicklungsarbeiten erlauben eine zielgruppenspezifische Aufbereitung, die für den transdisziplinären Kontext erforderlich ist. Gleichzeitig werden zukünftige Erweiterungen und Vereinfachungen in der praktischen Umsetzung unserer Erkenntnisse befördert; nicht nur die Auffindbarkeit der Ergebnisse wird verbessert, auch ihre Wiederverwendbarkeit wird erleichtert. Die Transformation der Energiesysteme und damit die Gestaltung einer nachhaltigen Energiezukunft auf Basis cyber-physischer Energiesysteme kann nur durch eine enge Kooperation und gemeinsame Forschung erfolgreich realisiert werden. Durch den dualen Ansatz im Zukunftslabor Energie wird dieses Ziel aktiv unterstützt und geht sowohl mit den Forschungsarbeiten zu digitalisierten Energiesystemen als auch den Arbeiten zur Digitalisierung der Energieforschung in weitere Arbeiten des hier gestärkten und erweiterten Netzwerks aus Industrie und Forschung ein.

Danksagung

Dank gilt den Forscher*innen des Zukunftslabor Energie, die die hier beschriebene Arbeit erbracht haben: Michael Breitner, Sarah Eckhoff, Bernd Engel, Sarah Fayed, Stephan Ferenz, Jan Philipp Hörding, Lars Kühl, Tobias Lege, Sarah Lier, Luca Man-

zek, Annika Ofenloch, Fernando V. Peñaherrera, Jan Petznik, Thomas Poppinga, Johannes Rolink, Alejandro Rubio, Frank Schuldt, Henrik Wagner, Oliver Werth
Gefördert vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur unter dem Förderkennzeichen 11-76251-13-3/19 – ZN3488 (ZLE) im Rahmen des Niedersächsischen »Vorab« der VolkswagenStiftung. Unterstützt durch das Zentrum für Digitale Innovationen (ZDIN).

Literatur

- Directorate-General for Research and Innovation (European Commission) (2021): Horizon Europe, open science – Early knowledge and data sharing, and open collaboration. Luxemburg 2021. <https://doi.org/10.2777/79699>.
- Fayed, S.; Rubio, A.; Petznik, J.; Rolink, J.; Frank, S. (2023): Infrastructure of a Laboratory Coupled Co-simulation for the Investigation of Flexibility Provision in Distribution Grids. In: ETG Kongress 2023: Die Energiewende beschleunigen. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10173006>.
- Ferenz, S.; Ofenloch, A.; Peñaherrera Vaca, F.; Wagner, H.; Werth, O.; Breitner, M.H.; Engel, B.; Lehnhoff, S.; Nieße, A. (2022): An Open Digital Platform to Support Interdisciplinary Energy Research and Practice—Conceptualization. In: *Energies* 2022, Vol. 15, 6417, 2022. <https://doi.org/10.3390/en15176417>.
- mosaik-team (2019): mosaik – A flexible Smart Grid co-simulation framework. <https://gitlab.com/mosaik>. Zugegriffen: 30.11.2023.
- Reinhold, C.; Wagner, H. (2021): SmaBUI – Quick & easy co-simulation of a smart building using mosaik. Entrance project for ZLE:EMOB. <https://gitlab.com/zdin-zle/scenarios/smabui>. Zugegriffen: 27.11.2023.
- Wagner, H.; Eckhoff, S.; Fayed, S.; Peñaherrera, F.; Ofenloch, A.; Werth, O.; Engel, B.; Breitner, M.H.; Lehnhoff, S.; Rolink, J. (2021): Analysis of the Grid Capacity for Electric Vehicles in Districts with a Major Need for Sustainable Energy Refurbishment: the Case of a District in Lower Saxony. In: V. Wohlgemuth, S. Naumann, H.-K. Arndt: 35th edition of the *EnvirolInfo: Environmental Informatics – A bogeyman or saviour to achieve the UN Sustainable Development Goals?* S. 65–66. <https://doi.org/10.2370/9783844083293>.
- Wagner, H.; Peñaherrera, F.; Fayed, S.; Wert, O.; Eckhoff, S.; Engel, B.; Breitner, M. H.; Lehnhoff, S.; Rolink, J. (2022): Co-simulation-based analysis of the grid capacity for electric vehicles in districts: the case of ›Am Ölper Berge‹ in Lower Saxony. In: IET 6th E-Mobility Power System Integration Symposium (EMOB 2022), S. 33–41. <https://doi.org/10.1049/icp.2022.2713>.
- Zentrum für digitale Innovationen – Zukunftslabor Energie (ZDIN-ZLE) (2021): ZLE Open Science Declaration. Oldenburg. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5221234>.



Mitgestaltung organisieren: Wie Digitalisierung gelingt

Arbeitssoziologie, Informatik und Kommunikationswissenschaften im Dialog

Antonia Altendorf | Jannike Illing | Melanie Malczok |
Wilko Heuten | Martin Kuhlmann | Susanne Boll

Die Digitalisierung schreitet nur langsam voran. Unzureichende Schnittstellen, Medienbrüche und eine wenig nutzungsfreundliche Gestaltung digitaler Systeme sind weit verbreitet. Durch die Verbindung von Informatik, Arbeitssoziologie und Kommunikationswissenschaft zeigen wir, wo Gründe hierfür liegen und formulieren mit Blick auf die öffentliche Verwaltung Hinweise für eine gelingende Digitalisierung.

1. Defizitäre Digitalisierung, fehlende Mitgestaltung: Ein Problemaufriss zur Einführung

1.1 Vom Hoffnungsträger zum Sorgenkind

Digitalisierung ist mittlerweile seit über zwei Jahrzehnten ein Thema mit hoher gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Aufmerksamkeit. Jährliche Digital-Gipfel der Bundesregierung bereits seit den Nullerjahren, Digitale Agenda und Digitalstrategien verschiedener Bundes- und Landesregierungen sowie vielfältige Fördermaßnahmen stehen für programmatische Priorisierungen politischer und wirtschaftlicher Akteure. Seit rund zehn Jahren gilt Digitalisierung als »Schicksalsfrage« der deutschen Industrie (Kaeser 2017) und als »Hoffnungsträger« für die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit in der Wirtschaft (Köhler-Geib 2021) und darüber hinaus. Dass es sich hierbei keineswegs um eine vorwiegend deutsche Diskussion handelt, zeigen ähnlich gelagerte Programme und Aktivitäten auf EU-Ebene oder die jährlichen Veranstaltungen des World Economic Forum (exemplarisch: WEF 2016). Zunehmend eingebürgert hat sich das Narrativ der Notwendigkeit einer digitalen Transformation, ohne dass über die Formel hinaus klar ist, was dies konkret beinhaltet und worin genau der transformative Charakter besteht.

Jedoch mehren sich in letzter Zeit Stimmen, die zu wenig Fortschritte, ein zu geringes Tempo oder einen zu zögerlichen und zu wenig dynamischen Wandel in Richtung Digitalisierung beklagen (z. B. acatech 2022, Bitkom 2023, NKR

2023). Auch wenn dieser Befund für die meisten Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft gültig zu sein scheint, hinkt die öffentliche Verwaltung aus Sicht von Expert:innen, Bürger:innen und Verantwortlichen dabei besonders stark hinterher – insbesondere auch im internationalen Vergleich. Die öffentliche Verwaltung zeichnet sich Untersuchungen zufolge durch eine zu geringe Veränderungsgeschwindigkeit aus und steht besonders stark im Fokus von Kritik (Bogumil u. Kuhlmann 2021, jüngst: Kerst u. Ruhose 2023). »Digitalisierung der Verwaltung in Deutschland geht nur langsam voran«, betitelt das Bayerische Forschungsinstitut für Digitale Transformation eine Studie des Nationalen Normenkontrollrats (NKR 2021). Konkret erfahrbar ist dieser Befund nicht zuletzt daran, dass die im Onlinezugangsgesetz (OZG) formulierten Ziele – nämlich die digitale Bereitstellung zentraler Verwaltungsleistungen – von Bund, Ländern und Kommunen deutlich verfehlt wurden. Im November 2023 – elf Monate nach Ablauf der Frist – waren lediglich 147 der 575 definierten Leistungen online verfügbar (Bundesministerium des Innern und für Heimat 2023). Ein OZG 2.0, das Gesetz zur Änderung des Onlinezugangsgesetzes (OZGÄndG) soll beschlossen werden, der Sprecher des Deutschen Städte- und Gemeindebundes drängt: »Wir haben keine Zeit zu verlieren« (DStGB 2023).

Als Ursachen für den zu geringen Entwicklungsstand der Digitalisierung und eine zu langsame Veränderungsdynamik werden vielfach Investitionsrückstände und unzureichende technische Voraussetzungen (Stichwort Breitbandausbau) genannt, besonders häufig wird aber auch eine fehlende Akzeptanz in der Gesellschaft generell sowie insbesondere bei Beschäftigten beklagt, die ihren Arbeitsplatz oder gewohnte Routinen bedroht sähen. Zudem wird als Hemmnis eine zu geringe Digitalisierungsaffinität sowie Innovationsträgheit bei den Verantwortlichen konstatiert (acatech 2022) – auch in dieser Hinsicht sind Klagen über die öffentliche Verwaltung besonders verbreitet.

Das Thema Digitalisierung hat seit Jahren aber nicht nur wirtschaftliche und politische Programmatiken geprägt, sondern auch in der Forschung zu einer Vielzahl von Aktivitäten geführt. Veränderungsprozesse im Kontext von Technisierung und Digitalisierung sind seit den späten 1990er Jahren Gegenstand der kommunikationswissenschaftlichen Managementforschung (Armenakis et al. 1993, Rafferty et al. 2013). In der Arbeitsforschung ist seit den 2010er Jahren eine große Zahl von Studien zum Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Arbeit entstanden (Hirsch-Kreinsen 2020, Buss et al. 2021, Pfeiffer und Schrape 2023, Kuhlmann 2023). Die Befunde dieser Studien lassen sich auch für Antworten auf die Frage nutzen, inwiefern Defizite und Hemmnisse der Digitalisierung in der Arbeitswelt bestehen und worin diese begründet liegen.

Im vorliegenden Beitrag möchten wir unter Aufnahme von Befunden des Forschungsstandes zu Digitalisierung und Arbeit sowie unter Rückgriff auf eige-

ne Forschungsergebnisse und erste Einschätzungen aus einem interdisziplinär angelegten Forschungsvorhaben im Kontext des Zukunftslabors Gesellschaft und Arbeit des »Zentrums für digitale Innovationen Niedersachsen« (ZDIN) einige Erkenntnisse formulieren: Welche Defizite lassen sich bei der Digitalisierung der Arbeitswelt feststellen? Wie lassen sich diese beheben und was trägt zum Gelingen von Digitalisierung bei? Aus einem laufenden Projekt heraus gehen wir dabei vor allem auf die Situation in der öffentlichen Verwaltung ein, führen jedoch auch ein Beispiel aus dem Industrieumfeld an.

1.2 Zwischen Notwendigkeit und Wirklichkeit: Unzureichender Arbeitsbezug als Hemmschuh der Digitalisierung

Verallgemeinert, aber letztlich für die meisten Branchen und Tätigkeitsbereiche zutreffend, lauten zentrale Befunde der Forschung zu Digitalisierung und Arbeit, dass Digitalisierungsprozesse deutlich langsamer verlaufen als vielfach erwartet (und gefordert) wird und dass sie selten disruptiv wirken, sondern eher evolutionär und schrittweise erfolgen. Den meisten Studien zufolge findet sich die in der allgemeinen Debatte von Beobachter:innen festgestellte Diskrepanz zwischen Notwendigkeit und Wirklichkeit der Veränderungsdynamik auch in den Einschätzungen der Digitalisierung durch Beschäftigte und prozessnahe Führungskräfte. Bemerkenswert und in der allgemeinen Diskussion zu wenig beachtet sind jedoch der Charakter dieser Diskrepanz und die Gründe hierfür. Die Digitalisierung schreitet auch aus Sicht von vielen Beschäftigten und Führungskräften (zu) langsam voran. Vor allem beklagen sie, dass sich die mit der Digitalisierung verbundenen Versprechen und auch von ihnen selbst gehegten Hoffnungen in der betrieblichen Umsetzung bislang zu wenig realisieren. Abbau von zeitraubenden Routinetätigkeiten, einfachere und funktionalere Informationsbereitstellung sowie mehr Transparenz bezogen auf Produktions- und Leistungserstellungsprozesse, weniger Arbeitsaufwand bei der Dokumentation von Vorgängen und Tätigkeiten oder stabilere und einfacher zu handhabende IT-Systeme sind keineswegs die Regel und bleiben in vielen Fällen hinter den Erwartungen der Betroffenen zurück. Umgekehrt wird vielfach sogar auf eine Zunahme von Arbeitsbelastungen im Zusammenhang mit Digitalisierungsvorhaben verwiesen, die sich in vielen Fällen keineswegs als nur temporär erweisen (DGB-Index Gute Arbeit 2022, Carls et al. 2023). Die sogenannten Kinderkrankheiten neuer Systeme reichen allzu häufig bis weit ins Erwachsenenalter der Systeme hinein. Immer neue Systeme oder Updates machen den Umgang mit Unzulänglichkeiten zu einer Daueraufgabe. »Die Systeme reifen beim Anwender«, heißt es in der Branche. Der als »permanent beta« beschriebene Zustand lässt sich dabei nicht nur für die Systeme, sondern auch für die daran gekoppelten Arbeitsprozesse kons-

tatieren. Die Zunahme von Arbeitsbelastungen, erschwerte Arbeitsbedingungen und Negativerfahrungen im Umgang mit digitalen Systemen sind in vielen Fällen aber keineswegs Wirkungen der digitalen Technologien selbst. Als deutlich gravierendere Ursachen erweisen sich erstens eine zu wenig arbeitsbezogene und nutzungsorientierte Gestaltung digitaler Systeme, zweitens unzureichende Handlungsspielräume und Ressourcen der Beschäftigten und Führungskräfte im Umgang mit den Systemen und mitunter auch bei Qualifizierungsmöglichkeiten, drittens Defizite bei der Anpassung von Arbeitsabläufen und organisatorischen Rahmenbedingungen an die Möglichkeiten und Anforderungen digitaler Prozesse sowie viertens eine aus kommunikationswissenschaftlicher Sicht unzureichende interne Kommunikation im Zusammenhang mit organisatorischen und technischen Veränderungsprozessen. Die kritisierten Defizite reichen von gänzlich fehlender Kommunikation im Vorfeld, über unzureichende Informationen auf strategischer Ebene sowie Unklarheit über verfolgte Ziele bis hin zu unklaren Prozessen, Abläufen und Verantwortlichkeiten bei Einführung und Anwendung.

Häufig werden Digitalisierungsmaßnahmen daher als Erhöhung von Arbeitsbelastungen erlebt. Steigende Leistungsanforderungen resultieren außerdem daraus, dass von der Digitalisierung erwartete und von Herstellern sowie Berater:innen im Vorfeld versprochene Leistungssteigerungen nicht im vorausgesagten Maße erreicht, bei der Personalbemessung aber frühzeitig eingepreist werden. Die durch die Digitalisierung erwarteten Arbeitserleichterungen, Vereinfachungen und Einsparungen werden in vielen Fällen überschätzt, der mit der Digitalisierung verbundene organisatorische und personelle Aufwand hingegen unterschätzt.

Ein Kernbefund zu Defiziten der Digitalisierung lautet, dass Mitgestaltungsmöglichkeiten von Nutzer:innen nach wie vor zu wenig realisiert sind und sowohl hinsichtlich Breite als auch Tiefe der Mitwirkung hinter den Notwendigkeiten zurückbleiben. Auch dies gilt bemerkenswerterweise nicht nur aus Sicht der Beschäftigten, die dies zugleich als Missachtung ihrer fachlichen Kompetenzen erleben, sondern vielfach auch für prozessnahe Führungskräfte. Die Sichtweisen beider Beschäftigtengruppen bekommen organisationsseitig oft zu wenig Gehör. Empfehlungen der Führungskommunikation hin zu einem intensiveren Dialog und einer stärkeren Einbeziehung unterschiedlicher Perspektiven, insbesondere auf der Arbeitsebene, scheinen allzu oft mit der organisationalen Wirklichkeit zu kollidieren (Buchholz u. Knorre 2017). Digitalisierung zieht mitunter Veränderungen der Arbeitsplatzgestaltung, der Ablauforganisation und des sozialen Gefüges in einer Organisation nach sich. Bislang wird diese Ebene organisatorischer Veränderungen in betrieblichen Gestaltungs- und Kommunikationsprozessen jedoch zu wenig berücksichtigt (Vitols et al. 2017).

Die hohe Relevanz des Nutzungskontextes und die konkreten Erfahrungen der betroffenen Personen bei der Entwicklung von Technologien werden seit langem auch in der Informatik und der Mensch-Technik-Interaktion adressiert (Dey 2001). Der Ansatz des Human-Centered Design (HCD) steht für Konzepte, wie sich die Anforderungen der (späteren) Nutzer:innen sowie Anwendungsbedingungen in die Entwicklung digitaler Systeme einbeziehen lassen.

Die eingangs skizzierte Gemengelage zwischen Notwendigkeit und Wirklichkeit erweist sich als Hemmschuh bei der Geschwindigkeit, der Reichweite sowie der Qualität von arbeitsbezogenen Digitalisierungsprozessen. Wie wir in Kapitel 2 zeigen, ist die öffentliche Verwaltung in dieser Hinsicht keine Ausnahme, einige spezifische Bedingungen in diesem Bereich verschärfen das Problem jedoch zusätzlich. Im Anschluss an erste Ergebnisse aus Fallstudien in Jobcentern und Kommunalverwaltungen, in denen die Notwendigkeit, Gestaltungsmöglichkeiten zu organisieren, besonders deutlich wird, wenden wir uns daher in Kapitel 3 eingehender dem Ansatz des Human-Centered Design (HCD) zu. Grundlinien dieser Vorgehensweise werden vorgestellt und an einem Beispiel aus der eigenen Forschung veranschaulicht. Wie gerade aus interdisziplinärer Sicht deutlich wird, gibt es aber auch Grenzen dieses Konzeptes; in einem abschließenden Fazit (Kapitel 4) formulieren wir Hinweise, vor welchen Herausforderungen das HCD steht und welche Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Digitalisierungsprozessen sich insbesondere mit Blick auf die öffentliche Verwaltung aus der Verbindung von Informatik, arbeitssoziologischen und kommunikationswissenschaftlichen Perspektiven ergeben.

2. Digitalisierung in der öffentlichen Verwaltung: Große Unterschiede und besondere Herausforderungen

Unsere Erkenntnisse und Einschätzungen zur Digitalisierung in der öffentlichen Verwaltung basieren auf Betriebsfallstudien, die wir seit Sommer 2022 in unterschiedlichen Verwaltungsbereichen durchführen. Hierzu gehören Jobcenter – sowohl in gemeinsamer Trägerschaft von Bundesagentur für Arbeit und Kommune als auch in rein kommunaler Trägerschaft – und Fallstudien in den Bereichen Ausländerbehörde, Fahrerlaubnis und Kfz-Zulassung sowie in der Wirtschaftsförderung. Bestandteil der Fallstudien sind Interviews mit unterschiedlichen betrieblichen Akteuren (insb. Beschäftigte, Führungskräfte, IT-Fachexpert:innen, Kommunikationsverantwortliche und Personalrät:innen) und mehrtägige Hospitationen in den Arbeitsbereichen. Dieses multimethodische Vorgehen ermöglicht es, die Erfahrungen, Sichtweisen und Einschätzungen unterschiedlicher Akteure einzuholen, kontrastierend zu vergleichen und Einblicke in

die Arbeitsprozesse sowie die betrieblichen Rahmenbedingungen zu erhalten: Welche Digitalisierungsprozesse finden statt und mit welchen Erwartungen, Erfahrungen und Problemlagen sind sie verbunden? Wie wird Digitalisierung betrieblich verhandelt und gestaltet? Die Streuung über unterschiedliche Verwaltungsbereiche hinweg erlaubt eine vergleichende Perspektive entlang ähnlicher (verwaltungsspezifischer) Konstellationen und Rahmenbedingungen.

2.1 Stand der Digitalisierung

2.1.1 Digitalisierung ist bereits verbreitet

Alle von uns untersuchten Verwaltungsbereiche zeichnen sich durch einen vergleichsweise fortgeschrittenen Stand der Digitalisierung aus. Der Kern der sachbearbeitenden Tätigkeiten wird durch elektronische Akten (E-Akte) sowie IT-basierte Fachprogramme digital unterstützt. Die dem jeweiligen Vorgang zugehörigen Unterlagen und Dokumente, die Fall-Historie sowie Vermerke und weitere Hinweise werden digital erfasst und im System abgebildet. Eingehende papierhafte Unterlagen werden hierfür in vielen Fällen zunächst eingescannt und erst dann weiterbearbeitet. In einigen Bereichen übernimmt dies ein zentraler Scan-Dienstleister, ohne dass die Papierunterlagen auf dem Schreibtisch der Sachbearbeiter:innen landen. Fallbearbeitung und Prozesssteuerung erfolgen dann auf digitalem Wege. Leistungen werden digital zahlbar gemacht, Erinnerungen sowie Aufgaben digital terminiert. Formulare und Anschreiben werden digital erstellt und mit einem Druck- und Versandauftrag an einen Dienstleister weitergegeben. Die meisten Vorgänge beginnen und enden somit nach wie vor mit einem (papierhaften) Schriftstück, welches aber größtenteils nicht mehr in Papierform am Arbeitsplatz bearbeitet wird. Allerdings zeigt ein Blick in benachbarte Verwaltungsbereiche unserer Fallstudien, dass dieser fortgeschrittene Digitalisierungsstand keineswegs flächendeckend vorzufinden ist. So ist beispielsweise die E-Akte selbst unter dem Dach der gleichen Kommunen längst noch nicht in allen Verwaltungsbereichen implementiert.

2.1.2 Große Unterschiede bei der Digitalisierung an der Schnittstelle zu den Bürger:innen

Die Schnittstelle zu den Bürger:innen digitaler zu gestalten, steht seit Jahren auf der politischen Agenda. Mit dem Onlinezugangsgesetz (OZG) wurden Bund, Länder und Kommunen dazu verpflichtet, bis 2022 zentrale Verwaltungsleistungen digital anzubieten; eine Vorgabe, die jedoch deutlich verfehlt wurde. Ein heterogenes Bild zeigt sich auch in unseren untersuchten Fällen. Einige Bereiche verfügen über ein breites, oftmals allerdings noch wenig genutztes digitales Angebot: Online-Antrag, Upload-Funktion und datenschutzsicherer Nachrichtenaustausch,

in einigen Fällen wird auch Videoberatung angeboten. In anderen Bereichen sind hingegen bislang weder Antragstellung noch Dokumentenaustausch digital möglich. Anträge sind zwar teilweise online als PDF zu finden, dort jedoch nicht ausfüllbar, sodass sie ausgedruckt und auf Papier ausgefüllt werden müssen. Digitale Kontaktwege sind beschränkt, beispielsweise auf Eingabemasken für Terminanfragen sowie E-Mail-Austausch, sofern es die Sachbearbeitenden anbieten.

Geht man über die rein quantitative Betrachtung des digitalen Angebots an der Schnittstelle zu den Bürger:innen hinaus, stellt man fest, dass auch in den stärker digitalisierten Bereichen erhebliche Mängel hinsichtlich Qualität, Gebrauchstauglichkeit, Schnittstellenoptimierung und Integration der Daten bestehen. Nutzungsmängel sind dabei hoch problematisch: Sie führen zu Mehraufwand, unter anderem dadurch, dass Improvisation, umständliche Arbeitsschritte oder die mehrfache Erfassung von Daten erforderlich sind. Technikausfälle führen zu Unterbrechungen und Wartezeiten, was ebenfalls mit (Zusatz-)Belastungen für die Beschäftigten einhergeht. Neben unzureichender Technikgestaltung sind uns aber auch Digitalisierungsprozesse begegnet, die für die Beteiligten keinen unmittelbar erkennbaren Mehrwert mit sich bringen oder sogar zu Verschlechterungen führen. Als Beispiel lässt sich die Online-Antragsmöglichkeit bei Konstellationen nennen, in denen der persönliche Austausch für das Verstehen und die Erfassung von spezifischen, häufig besonders schwierigen Situationen von Antragstellenden notwendig ist oder Bürger:innen aufgrund der ihnen nicht zur Verfügung stehenden technischen Mittel oder Fähigkeiten nur sehr unvollständige oder fehlerhafte Online-Anträge stellen. Darüber hinaus gehen wichtige Momente, wie etwa die Erstberatung und damit verbunden das gegenseitige Kennenlernen, das Verstehen und Klären des Gesamtfalls sowie die Möglichkeit, Fragen zu stellen, verloren. Dies kann zu einer insgesamt schlechteren Beratung und zu einem Zusatzaufwand führen, wenn etwa Informationen und Unterlagen nachgefordert werden müssen. Kritik an unzureichenden Digitalisierungslösungen findet sich auch in verwaltungswissenschaftlichen Untersuchungen: Bogumil und Kuhlmann (2021: 115) beispielsweise sprechen sogar von »window dressing« – einer Inszenierung als digital fortschrittlich, die jedoch ohne erkennbaren Nutzen für Bürger:innen und Beschäftigte bleibt. Wichtig aus arbeitssoziologischer Perspektive ist außerdem, dass sich Verwaltungshandeln in einer ganzen Reihe von Fällen nicht auf bloße Sachbearbeitung beschränkt, sondern mit komplexen Anliegen und Wünschen von Bürger:innen konfrontiert ist und dass die Tätigkeiten von Beschäftigten der öffentlichen Verwaltung durch unterschiedliche Arbeitslogiken geprägt sind (Altendorf und Kuhlmann 2024). In unseren Fallstudien in Jobcentern konnten wir spezifische Arbeitslogiken wie Sozialberatung, Arbeitsvermittlung oder Leistungsgewährung unterscheiden. Arbeitslogiken werden in Digitalisierungsprojekten

häufig zu wenig thematisiert und deren je spezifische Anforderungen bei der Ausgestaltung von digitalen Systemen zu wenig berücksichtigt.

2.1.3 Fehlende Ressourcen, Kompetenzen und Freiräume als Kernprobleme von Digitalisierung

Wo hakt es nun konkret? In allen Untersuchungsbereichen begegnen uns folgende Kernprobleme: fehlende Ressourcen und Informationen, fehlende Kompetenzen und fehlende Gestaltungs(frei)räume. Digitalisierung ist kein einmaliger Prozess, sondern eine Daueraufgabe und muss auch als solche organisiert werden. Dies verlangt zeitliche, personelle und finanzielle Ressourcen – und das nicht nur in übergeordneten strategischen Fachabteilungen, sondern auch arbeitsprozessnah bei den Anwender:innen in den jeweiligen Fachbereichen. In etlichen öffentlichen Verwaltungen sind digitalisierungsbezogene personelle und organisatorische Ressourcen auch auf übergeordneter strategischer Ebene nur begrenzt vorhanden. In den Stellenplänen einzelner Fachbereiche von Verwaltungen finden sich Ressourcen für Digitalisierungsprojekte fast gar nicht. Neben personellen und finanziellen Ressourcen fehlen, insbesondere bei unteren und mittleren Führungskräften, auch Fähigkeiten und Kompetenzen in den Bereichen Prozessgestaltung und Organisationsentwicklung sowie darin, Beteiligungsprozesse zu ermöglichen. Schwerpunkte der Tätigkeiten und des Selbstverständnisses der unteren und mittleren Leitungsebenen liegen vielmehr im Bereich der (fachlichen) Personalführung sowie insbesondere der Fachaufsicht. Die Gewährleistung von Rechtskonformität, das Einhalten von Verwaltungsvorschriften und rechtlichen Vorgaben, aber auch das Reagieren auf Wünsche der Politik oder die Bearbeitung von strittigen oder heiklen Fällen bindet unseren Fallstudien zufolge bei Führungskräften der öffentlichen Verwaltung deutlich mehr Zeit und Aufmerksamkeit als in der Privatwirtschaft. Die Neugestaltung und Weiterentwicklung von Arbeitsabläufen spielt demgegenüber eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Fehlende Ressourcen, eingeschränkte Gestaltungsspielräume und fehlende Kompetenzen gehen Hand in Hand und haben gerade in unseren Interviews mit Leitungskräften in der öffentlichen Verwaltung eine große Rolle gespielt.

2.2 Wie wird Digitalisierung diskutiert und bewertet?

2.2.1 Perspektive der Beschäftigten: Kaum Vorbehalte, aber Kritik an der Umsetzung

Von generellen Vorbehalten gegenüber der Digitalisierung ist von Seiten der Beschäftigten wenig zu spüren. Ganz im Gegenteil: Die Beschäftigten versuchen, die Systeme für ihre Tätigkeit nutzbar zu machen und gut mit ihnen zu arbeiten – stoßen hierbei aber auf Schwierigkeiten. Weiteren Digitalisierungs-

prozessen gegenüber sind sie positiv eingestellt, sofern diese für den Arbeitsprozess nützlich sind und zu Arbeitserleichterungen führen. Gerade mit Blick auf Vereinfachungen, Arbeitserleichterungen und Ressourceneinsparungen sind Digitalisierungsprozesse, sowohl auf Ebene der Beschäftigten als auch der Verwaltungsspitzen, mit großen Hoffnungen verbunden. Denn alle Verwaltungsbereiche haben mit Stellenvakanzen und einer anhaltenden Personalfuktuation zu kämpfen. Die Arbeitsrealität zeigt jedoch ein anderes Bild: In den von uns untersuchten Verwaltungsbereichen führt Digitalisierung – zumindest bislang – noch nicht zu einem geringeren Personalbedarf. In vielen Fällen ist Digitalisierung zunächst noch mit Zusatzaufwänden verbunden. Die Gründe hierfür sind vielfältig: Die Beschäftigten bemängeln unvollständige Lösungen, Systemfehler, eine mangelnde Integration unterschiedlicher Systeme sowie eine insgesamt arbeitsprozessferne und somit unpraktikable Gestaltung digitaler Systeme. Am Beispiel der Jobcenter lässt sich dies illustrieren: Während die Idee der Online-Antragstellung von den Beschäftigten grundsätzlich positiv bewertet wird, wurde die konkrete Umsetzung kritisiert. Die Antragstellung sei zu kompliziert, weswegen sie kaum genutzt werde. Und wenn sie genutzt wird, führe dies nicht notwendigerweise zu Erleichterungen. Entweder fehlt es an Schnittstellen, weswegen teilweise eine manuelle Übertragung notwendig ist, oder die Datenqualität ist für eine direkte Weiterverarbeitung nicht ausreichend. In der Ausländerbehörde wurde bemängelt, dass bei einer Online-Terminvergabe die unterschiedlichen Fallkonstellationen nicht hinreichend abgebildet werden könnten und diese somit Zusatzaufwände produziere, da die Bürger:innen unvorbereitet und ohne die nötigen Unterlagen zum Termin erscheinen oder falschen Sachbearbeiter:innen zugeordnet werden würden. Bei der Terminvergabe per Mail oder Telefon können Vorklärunen stattfinden, eine Möglichkeit, die bei einer reinen Online-Lösung wegfallen würde.

Die Beschäftigten kritisierten, hinsichtlich der Einführungsprozesse neuer Technologien entweder gar nicht oder zu spät informiert worden zu sein. Bei notwendigen Updates oder Anpassungen bestehender Systeme wurde ein aktives, beteiligungsorientiertes Vorgehen der Führungskräfte vermisst. Viele Beschäftigte äußerten die Einschätzung, dass Führungskräfte nicht selten weder die notwendigen Prozessschritte im Blick haben noch über die nötige Kommunikationskompetenz verfügen, um die Beschäftigten und ihre Erfahrungen einbinden zu können.

2.2.2 Perspektive der Bürger:innen: Gebrauchstauglichkeit steht im Vordergrund

Den Bürger:innen kommt eine zentrale Rolle in den Arbeitsprozessen der öffentlichen Verwaltung zu. Wie auch in anderen Dienstleistungsbereichen ist die

Leistungserbringung nur möglich, wenn die Empfänger:innen der Dienstleistung einen aktiven Beitrag leisten (Böhle/Wehrich 2020): Keine Beratung kann ohne Austausch erfolgen, keine Leistungsgewährung ohne vollständige Antragstellung. Im Vergleich zu anderen Dienstleistungsbereichen ist die Rolle der Bürger:innen in der öffentlichen Verwaltung aber nochmals gewichtiger. Denn sie verfügen über einen Rechtsanspruch auf bestimmte Leistungen. Wie sehr digitale Verwaltungsleistungen von Seiten der Bürger:innen nachgefragt und genutzt werden, ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Zu nennen sind insbesondere die Affinität für digitale Anwendungen, der damit verbundene Nutzen insbesondere in Form von Zeit- und Wegersparnissen sowie die Art des Anliegens. Die Empirie zeigt aber auch deutlich: Analoge Möglichkeiten bleiben auch künftig notwendig, um die Teilhabe aller Bürger:innen zu gewährleisten.

Eine unzureichende Gebrauchstauglichkeit digitaler Angebote wird auch von vielen Bürger:innen bemängelt: von der schlechten Auffindbarkeit digitaler Angebote über eine zu hohe Komplexität bis hin zu einer wenig nutzerfreundlichen Gestaltung. In zahlreichen Fällen ist uns begegnet, dass digitale Anwendungen nicht aus einer Bedarfslogik (Was brauchen bzw. wünschen die Anwender:innen?), sondern vielmehr aus einer (internen) Prozesslogik (Wie ist der Verwaltungsakt intern strukturiert und gestaltet?) und einer Rechtslogik (Welche Fälle und Verfahren werden rechtlich unterschieden?) heraus entwickelt und gestaltet wurden. Im Ergebnis sind die Bürger:innen mitunter mit endlos langen Dropdown-Menüs voller Fachbegriffe und Paragraphen konfrontiert, durch die sie nur schwer und in vielen Fällen auch fehlerhaft navigieren.

Aus beiden Perspektiven – Beschäftigte wie Bürger:innen – zeigt sich, dass Digitalisierung zwar grundsätzlich mit positiven Erwartungen verbunden ist, die Anwender:innen aber bei der konkreten Nutzung mit zahlreichen Unzulänglichkeiten und Mängeln zu kämpfen haben, die zumeist darauf zurückzuführen sind, dass die digitalen Anwendungen zu wenig arbeitsorientiert und zu wenig mit Blick auf die konkreten Anforderungen, Bedarfe und Möglichkeiten der Nutzer:innen gestaltet wurden.

2.3 Mitgestaltung als zentraler Ansatzpunkt für gelingende Digitalisierungsprozesse

Wie lassen sich diese Probleme beheben? Für eine gute Technikgestaltung, die sowohl die Anforderungen und Bedarfe der Nutzer:innen als auch die Anwendungsbedingungen hinreichend berücksichtigt, ist eine frühzeitige und kontinuierliche Einbindung der späteren Nutzer:innen in die Gestaltungsprozesse von Digitalisierung grundlegend. Die Organisation wirksamer Mitgestaltungsprozesse ist auch in der öffentlichen Verwaltung zentraler Dreh- und Angelpunkt

für eine gelingende Digitalisierung. Beteiligungsprozesse und Mitwirkung von sowohl Beschäftigten als auch Bürger:innen zu organisieren, die unterschiedlichen Gesichtspunkte, Erfahrungen und Anforderungen zu berücksichtigen, ist ein originärer Anspruch der öffentlichen Verwaltung und stellt diese vor besondere Herausforderungen. Ein gesicherter Befund der Digitalisierungsforschung hierzu lautet, dass eine partizipative Technikgestaltung nicht nur zu insgesamt besseren Lösungen führt, sondern Mitgestaltungsmöglichkeiten von den Beschäftigten darüber hinaus auch als Anerkennung und Wertschätzung erlebt werden, was zu einem erhöhten Wohlbefinden bei der Arbeit führt (Apitzsch et al. 2021, Carls et al. 2020).

Digitalisierungsbezogene Mitgestaltungsprozesse in der öffentlichen Verwaltung stellen dabei spezifische Anforderungen: Sie brauchen erstens eine hinreichende Ressourcenausstattung, um (Mit-)Gestaltungsprozesse nachhaltig zu organisieren. Ressourcen sind nicht nur bei strategisch übergeordneten Stellen, sondern auch auf Arbeitsprozessebene erforderlich. Eine unzureichende Ressourcenausstattung mit Blick auf Mitgestaltungsmöglichkeiten haben wir auch in Fällen aus der Privatwirtschaft angetroffen, in der öffentlichen Verwaltung werden Arbeitsabläufe typischerweise jedoch vergleichsweise weniger als Gegenstand von Investitions- und Innovationsgelegenheiten gesehen.

Zweitens müssen klare Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten und damit verbundene Gestaltungs(frei)räume für Mitgestaltung definiert werden. Diese wirken sowohl einer kollektiven Nicht-Zuständigkeit für Digitalisierungsprozesse als auch langen Wegen entlang hierarchischer Strukturen selbst bei kleineren Entscheidungen entgegen. Eine deutliche Orientierung auf Prozessverbesserungen und Mitgestaltung ist in der öffentlichen Verwaltung besonders wichtig. Gerade die Verwaltungswissenschaft betont, dass öffentliche Verwaltungen sich ihre Ziele und Aufgaben aus strukturellen Gründen häufig nicht selbst setzen, sondern auf Grundlage von Entscheidungen von gesetzgebenden Organen und politischen Verantwortlichen agieren (Bogumil u. Jann 2020). Die öffentliche Verwaltung scheint daher bei der Reaktion auf veränderte Anforderungen von Bürger:innen und Beschäftigten vor besonderen Herausforderungen zu stehen: Verwaltungen »[...] [sind] zunächst nicht als lernfähige Gebilde gedacht, sie sollen vielmehr gegenüber sachfremden äußeren Einflüssen robust und insofern mit einer gewissen Trägheit ausgestattet sein. Das schafft Probleme da, wo Anpassungen auch ohne Gesetzesbefehl oder politische Weisung wünschenswert wären« (Seibel 2017: 26).

Und drittens müssen die für Veränderungsprozesse erforderlichen Kompetenzen aufgebaut werden. Ein wichtiger Bestandteil erweiterter Mitgestaltungsmöglichkeiten und erhöhter Responsivität sind veränderte Rollen- und Verhaltenserwartungen an untere und mittlere Führungskräfte. Neben der Ausübung von

Fachaufsicht und Gewährleistung von Rechtssicherheit sollten Aufgaben der Prozessgestaltung und Organisationsentwicklung mehr Raum einnehmen. Malczok und Kirchhoff (2019) betonen in diesem Zusammenhang die Fähigkeit einer Führungskraft, strategische und operative Überlegungen miteinander zu verbinden und die Beschäftigten dabei aktiv einzubinden. Unbedingt nötig ist hierfür ein enger Austausch mit den Beschäftigten, die Nähe zu operativen Arbeitsprozessen und die Kenntnis der potenziellen Auswirkungen auf den Arbeitsalltag, um Entscheidungen auch auf höherer hierarchischer Ebene bestmöglich im Sinne der Beschäftigten treffen und vertreten zu können.

Verwaltungen, als Organisationen mit stark formalisierten Arbeits- und Kommunikationsprozessen, sind bislang zu wenig darauf ausgelegt, Möglichkeitsräume für die Mitgestaltung der Beschäftigten zu schaffen. Ein eher hierarchischer Kommunikationsstil und insbesondere das korrekte Befolgen von Anweisungen prägen Verwaltungsbereiche nach wie vor recht stark. Aus kommunikationswissenschaftlicher Sicht muss es darum gehen, Kommunikationsformen zu entwickeln, die die Sichtweisen verschiedener Beteiligter (insbesondere Bürger:innen, Beschäftigte, Führungskräfte) zur Sprache bringen und ihnen Raum geben.

3. Partizipative Technikgestaltung: Der Human-Centered Design-Ansatz

Defizite einer arbeitsprozessfernen und wenig nutzerorientierten Technikgestaltung werden seit vielen Jahren auch in der Informatik adressiert und haben dort vielfältige Methoden für eine stärkere Beteiligung von Nutzer:innen hervorgebracht (Muller 2002, Bødker et al. 2022). Der Umgang von Beschäftigten oder auch genereller Nutzer:innen mit technischen Systemen ist in der Informatik unter der Überschrift Human-Computer Interaction (HCI) ein etabliertes Forschungsgebiet, das sich auf die Wechselwirkungen zwischen Menschen und Computern sowie auf die Gestaltung von Schnittstellen, die diese Interaktionen ermöglichen, bezieht. HCI ist ein multidisziplinäres Forschungsgebiet, das auf die Verbesserung der Interaktion zwischen Menschen und digitalen Technologien zielt und dabei Erkenntnisse aus den Bereichen Informatik, Psychologie, Design und Ergonomie zusammenführt. Angesichts der auch in der Informatik diagnostizierten Probleme von Anwender:innen bei der Nutzung digitaler Systeme, die im Bereich HCI insbesondere unter dem Gesichtspunkt möglicher Fehler im Umgang mit der Technik oder mangelnder Akzeptanz der Systeme diskutiert werden, hat sich dort mittlerweile das Konzept eines Human-Centered Design (HCD) etabliert und wurde über Normen (DIN) sogar kodifiziert. Der Human-Centered Design-Ansatz ist ein methodischer Ansatz, um Mitge-

staltung im Digitalisierungsprozess zu organisieren, der sich auch für den Bereich der öffentlichen Verwaltung als fruchtbar erweisen dürfte. Wir möchten nachfolgend zeigen, wie die sich aus dem HCD-Ansatz ergebenden Möglichkeiten für einen partizipativen Gestaltungsprozess genutzt werden können. Aus einer interdisziplinären Perspektive sind allerdings auch Grenzen und Engführungen des HCD erkennbar, sodass wir für eine Erweiterung des Ansatzes plädieren.

3.1 Grundprinzipien des Human-Centered Designs

Das Credo des HCD-Ansatzes lautet, den Menschen und seine Bedürfnisse zum Ausgangspunkt und zum Maßstab der Gestaltung technischer Systeme zu machen und dabei sowohl die Nutzbarkeit (Usability) als auch die Erfahrungsqualität (User Experience, kurz UX) der Technik zu berücksichtigen. Die Usability wird nach Nielsen (1994) als Maß für das Nutzungserlebnis beschrieben, wenn Nutzer:innen mit einer Benutzerschnittstelle interagieren. Die DIN 9241-11 definiert die Usability als das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer:innen in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen. Kurz gesagt bedeutet eine gute Usability, dass ein Produkt einfach zu erlernen, effizient zu bedienen und fehlertolerant ist. Um menschliche Bedürfnisse zu befriedigen, reicht die Usability nicht aus – hier greift die UX, die die Betrachtungsweise der Usability um genau diese Bedürfnisse anreichert. Anders als die Usability lässt sich die UX schwerer messen, da sie wesentlich subjektiver ist und dabei auch von den individuellen Präferenzen der Nutzer:innen abhängt. Sie berücksichtigt die Bedürfnisse, Erwartungen und Wünsche der Nutzer:innen und bezweckt so, ein positives und erfüllendes Erlebnis zu schaffen (Garrett 2010).

Alles in allem zielt der HCD-Ansatz nicht nur auf die Verbesserung von Technologien und Systemen, sondern auch auf die Verbesserung der Erfahrungen der Menschen in der Interaktion mit Technik. So werden Bedürfnisse wie Stimulation (Fühle ich mich bei der Nutzung positiv angeregt und aktiviert?), Selbstachtung (Inwiefern fühle ich mich bei der Anwendung kompetent und erfolgreich?) und Kompetenz (Habe ich den Eindruck, meine Kompetenzen einbringen zu können und fühle mich gleichzeitig auch nicht überfordert?) miteinbezogen und der rein funktionale Usability Gedanke dadurch erweitert.

Nur die Kombination von Usability und User Experience (UX) führt zu einem sowohl funktionierenden als auch persönlich ansprechenden, ganzheitlichen Produkt (Hassenzahl u. Tractinsky 2006: 95). Deutlich wird in diesen Charakterisierungen aber auch, dass die disziplinäre Verortung des HCD-Ansatzes in den Bereichen Ergonomie und Psychologie dazu tendiert, den typischerweise arbeits teiligen Charakter der meisten Arbeitsprozesse sowie die hiermit verschränkte

Von Nutzung zu Mitgestaltung: Wie Digitalisierung gelingt

soziale Strukturiertheit von Arbeitssituationen und Arbeitsbeziehungen auszublenken. Im Fokus der Aufmerksamkeit stehen vor allem konkrete Mensch-Maschine-Interaktionen und weniger die institutionellen sowie sozialen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen von Arbeitsprozessen. Auch die von der Nutzung technischer Systeme mitbedingten sozialen Prozesse – etwa die Wirkungen auf (Mensch-zu-Mensch-) Interaktionen in einer (digital unterstützten) Beratungssituation – geraten mit dem HCD-Ansatz zu wenig in den Blick.

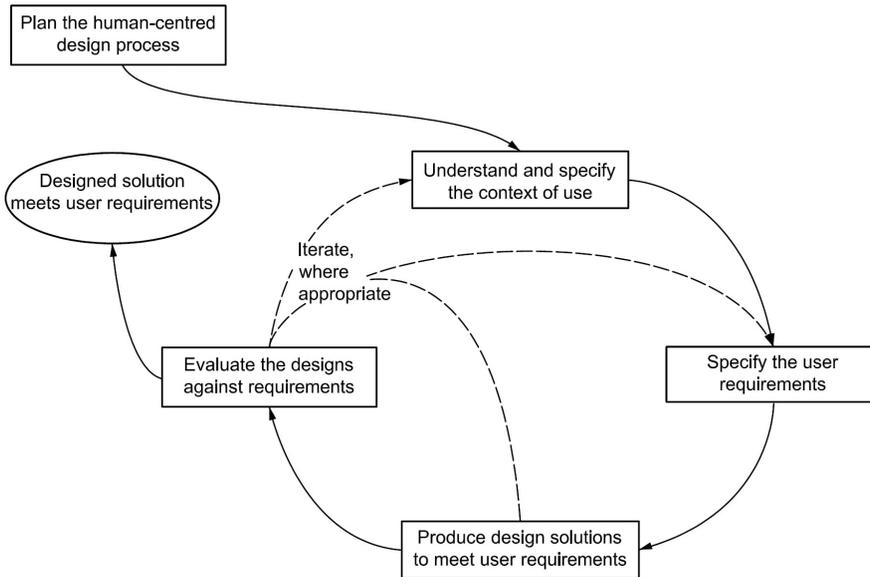


Abb. 1: Human-Centered Design (HCD)-Prozess nach DIN 9241-210 (Quelle: ISO 9241-210:2010, S. 15).

Bezogen auf das Ziel, die funktionalen Anforderungen für eine gute Usability und User Experience zu erfüllen und dabei das Gesamterlebnis der Nutzer:innen zu berücksichtigen, ist der HCD-Prozess als iterativer, abstrakter Prozess konzipiert und in verschiedene Phasen unterteilt (Abb. 1). Zu unterscheiden sind die vier Phasen (1) Verstehen und Spezifizieren des Nutzungskontextes, (2) Spezifizieren der Nutzeranforderungen, (3) Erstellen von Designlösungen zur Erfüllung der Nutzeranforderungen sowie (4) Evaluieren der Designs anhand der Anforderungen. Diese Phasen werden iterativ durchlaufen, da es wichtig ist, die erstellten Prototypen (auch in frühen Entwicklungsstadien) mit den potenziellen Nutzer:innen zu testen und darauf aufbauend das Design schrittweise zu verbessern (Krug 2014). Durch Iterationen kann so für Endanwender:innen eine optimale Lösung erreicht werden.

Wie genau diese Phasen durchlaufen bzw. welche Schritte innerhalb der Phasen genau durchgeführt werden müssen, wird im HCD-Prozess nicht definiert. Er wird als allumfassend beschrieben und ist daher in seiner genauen Ausführung in den verschiedenen Entwurfsphasen eher vage. Dennoch wird in der DIN 9241-210 eine Auswahl an Methoden zur Verfügung gestellt, die innerhalb der Phasen genutzt werden können. Inwieweit im Designprozess beispielsweise die je spezifischen Voraussetzungen verschiedener Beschäftigtengruppen, konkrete betriebliche Arbeitsbeziehungen oder institutionelle sowie organisatorische Voraussetzungen und Rahmenbedingungen der Nutzung der Systeme im Arbeitsalltag berücksichtigt werden (können), bleibt angesichts von Abstraktionsniveau und Grad der Formalisierung jedoch eher unbestimmt.



Abb. 2: Beobachtung der Ausbildungsumgebung von Werker:innen für Klebprozesse (Quelle: Jannike Illing, OFFIS e. V. Oldenburg).

3.2 Praxisbeispiel zur Entwicklung eines Unterstützungssystems in der manuellen Fertigung

Veranschaulichen lassen sich wichtige Aspekte der Vorgehensweise des HCD-Prozesses anhand eines eigenen Praxisbeispiels in der Produktion. Entworfen werden sollte in diesem Anwendungsfall ein Unterstützungssystem in Augmented Reality (AR) für Klebtechniker:innen.

3.2.1 Nutzungskontext

Die Nutzungskontextanalyse ist ein wichtiger Bestandteil des HCD-Prozesses, um den Kontext, in dem sich die Nutzer:innen befinden, besser zu verstehen. Der Kontext wird dabei ausgehend von den Nutzer:innen, den Aufgaben und der organisatorischen, technischen und physischen Umgebung definiert (DIN 9241-210).

Von Nutzung zu Mitgestaltung: Wie Digitalisierung gelingt

Durch diese Einsichten können Bedürfnisse, Probleme und Einschränkungen aufgedeckt werden, die vom zukünftigen System berücksichtigt werden müssen. Eine Methode in der Nutzungskontextanalyse ist die Observation der Nutzer:innen in ihrem natürlichen (Arbeits-)Umfeld, um deren Verhalten, Bedürfnisse, Probleme und Herausforderungen zu identifizieren.

Um den Kontext eines Klebvorgangs zu analysieren, wurde daher eine Observation in einer realen Ausbildungsumgebung durchgeführt (Abb. 2). Ziel dabei war es, die verwendeten Werkzeuge, Schutzbekleidungen, Materialien und Geräte zu identifizieren. Dadurch konnte beobachtet werden, bei welchen Schritten eines Klebvorgangs mögliche Fehler und Unsicherheiten auf Seiten der Auszubildenden auftreten.

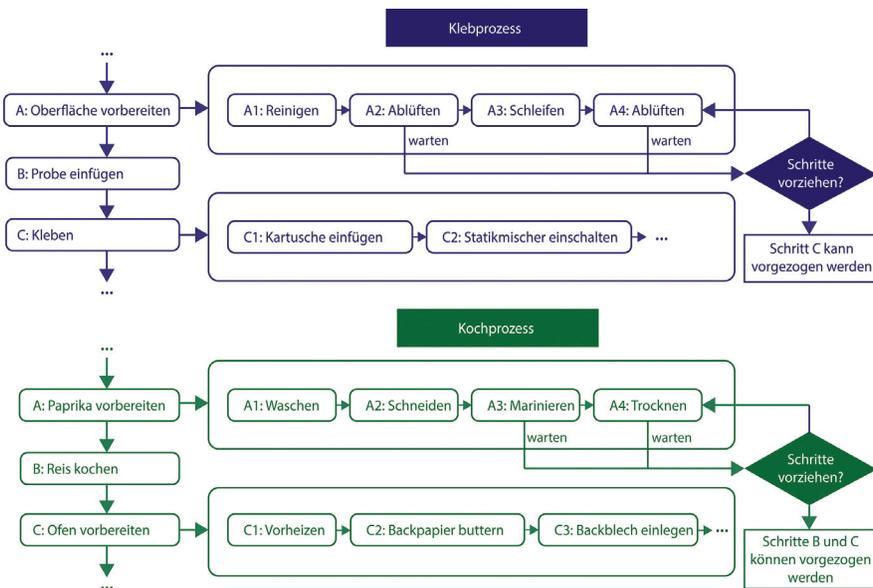


Abb. 3: Verkürzter Ausschnitt eines einfachen Kleb- und Kochprozesses zur Darstellung der Ähnlichkeit dieser Prozesse bzgl. paralleler Abarbeitung von Schritten sowie zeitlicher Restriktionen (Quelle: Jannike Illing, OFFIS e. V. Oldenburg).

Eine wichtige Erkenntnis war, dass die Auszubildenden aus unterschiedlichen Unternehmen kamen, die den Teilprozess »Kleben« integriert haben oder integrieren wollen. Es handelte sich also nicht um Unternehmen, die ausschließlich auf Klebtechnik spezialisiert sind. Die Auszubildenden kamen überwiegend aus handwerklichen Berufen (z. B. Schlosser:in, Schweißer:in) und wollten sich in diesem Zusammenhang weiterbilden. Darüber hinaus gab es unterschiedliche Zeiten, die die Auszubildenden während des Klebprozesses zu beachten haben. Hinzu kommen verschiedene Parameter, die diese (Kleb-)Zeiten beein-

flussen können – etwa die (Raum-)Temperatur oder die Auftragsmenge. Neben den zeitlichen Faktoren konnte festgestellt werden, dass auch die Reihenfolge der Durchführung der Prozessschritte eine wichtige Rolle spielt. So hängen bestimmte Arbeitsschritte davon ab, wie und ob die vorhergehenden Schritte durchgeführt wurden. Innerhalb eines Prozesses sind die meisten Schritte nicht austauschbar und die Reihenfolge muss unbedingt eingehalten werden. Ein einfaches Beispiel ist, dass ein Teil zuerst gereinigt und getrocknet werden muss, bevor es mit Klebstoff beschichtet und das Gegenstück befestigt werden kann. Um jedoch die Produktivität zu erhöhen, werden in der Regel mehrere Teile gleichzeitig bearbeitet und ein Prozessschritt wird direkt für mehrere Teile ausgeführt. Dabei sollen Kostenquellen wie die Fehlerquote so gering wie möglich gehalten und der Qualitätsstandard des Produktes erfüllt werden. Analog zum Kochen können auch in einem Klebprozess sogenannte »Wartezeiten« entstehen, wenn beispielsweise Teile »abgelüftet« werden müssen. Dies bedeutet, dass die Teile unter einer sogenannten Dunstabzugshaube gelegt werden müssen, um einerseits nach einer chemischen Vorbehandlung für die anschließende Klebung zu trocknen und andererseits, um giftige Substanzen zu beseitigen, die der Mensch nicht einatmen sollte. Diese Wartezeiten können genutzt (überbrückt) werden, um spätere Arbeitsschritte vorzuziehen. Auf diese Weise können mehrere Schritte parallel abgearbeitet werden (Abb. 3).

An die Beobachtung schlossen sich Interviews mit Klebtechnik-Expert:innen an, die ein reales Bild von den Produktions- und Montageabläufen vermittelten und häufige Fehlerquellen aufzeigten. Mithilfe der Interviews konnte auch der Bedarf an technischer Unterstützung ermittelt werden.

3.2.2 Nutzungsanforderungen

Die Ermittlung der Nutzungsanforderungen und die Festlegung der funktionalen und sonstigen Anforderungen an das System sind in den meisten Entwurfsprojekten eine der Hauptaktivitäten. Dabei definieren Nutzungsanforderungen die spezifischen Funktionalitäten, Eigenschaften und Leistungsmerkmale, die ein System aufweisen muss, um im zuvor analysierten Nutzungskontext eine geeignete Lösung zu schaffen (Lidwell et al. 2010).

Aus der Kontextanalyse ergaben sich verschiedene Anforderungen an ein AR-Unterstützungssystem, wie beispielsweise die Möglichkeit des freihändigen Arbeitens, automatische Timer oder die Möglichkeit, Prozessschritte parallel zu verarbeiten (Abb. 4). Neben den Anforderungsspezifikationen erfolgte die Zusammenführung der Nutzungsanforderungen in Form von sogenannten Personas (Abb. 5). Personas spielen eine wichtige Rolle in menschenzentrierten Entwicklungsprozessen. Sie sind abgeleitet von den Zielgruppen, wobei jede fiktive Persona als Vertreter:in einer bestimmten Zielgruppe fungiert und wichtige

Von Nutzung zu Mitgestaltung: Wie Digitalisierung gelingt

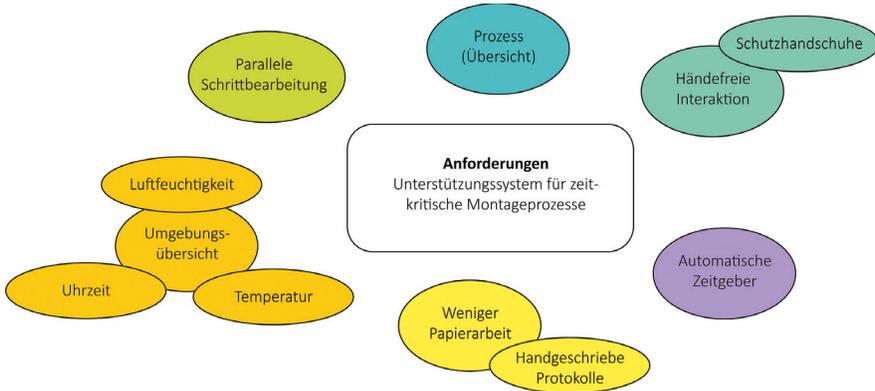


Abb. 4: Vereinfachter Überblick über die wichtigsten Anforderungen (Quelle: Jannike Illing, OFFIS e. V. Oldenburg).

Abb. 5: Entwickelte Personas als Grundlage für den weiteren Designprozess (Quelle: Jannike Illing, OFFIS e. V. Oldenburg).

Merkmale einer Personengruppe in typisierter Form repräsentiert. Dieser Ansatz hilft dabei, die Bedürfnisse und Charakteristika der Nutzer:innen besser zu verstehen und in den Entwicklungsprozess zu integrieren.

3.2.3 Designlösungen

Designentscheidungen haben einen großen Einfluss auf das Nutzungserlebnis. Dabei sind Prototypen sogenannte Entwicklungsstadien, um Ideen zu visualisieren, zu testen und zu verfeinern (Nissinen 2015). Prototypen verbessern das Verständnis für die Bedürfnisse und den Kontext der Nutzer:innen und ermöglichen Designer:innen, Ideen zu erforschen und zu bewerten sowie Designentscheidungen zu kommunizieren. Es gibt verschiedene Arten von Prototypen, die sich in ihrem Detaillierungsgrad und ihrer Funktionalität unterscheiden. Von Low-Fidelity¹-Prototypen bis hin zu High-Fidelity-Prototypen bieten Prototypen unterschiedliche Möglichkeiten. Dabei hängt der Detaillierungsgrad in der Regel von der Iteration des Prozesses ab.

Nach der Erstellung der ersten Low-Fidelity-Prototypen und Mock-Ups (Abb. 6, Abb. 7) wurde ein High-Fidelity-Prototyp erstellt. Dieser wurde in zwei Nutzerstudien evaluiert und iterativ verbessert (Illing et al. 2020, Illing et al. 2021) (Abb. 8).

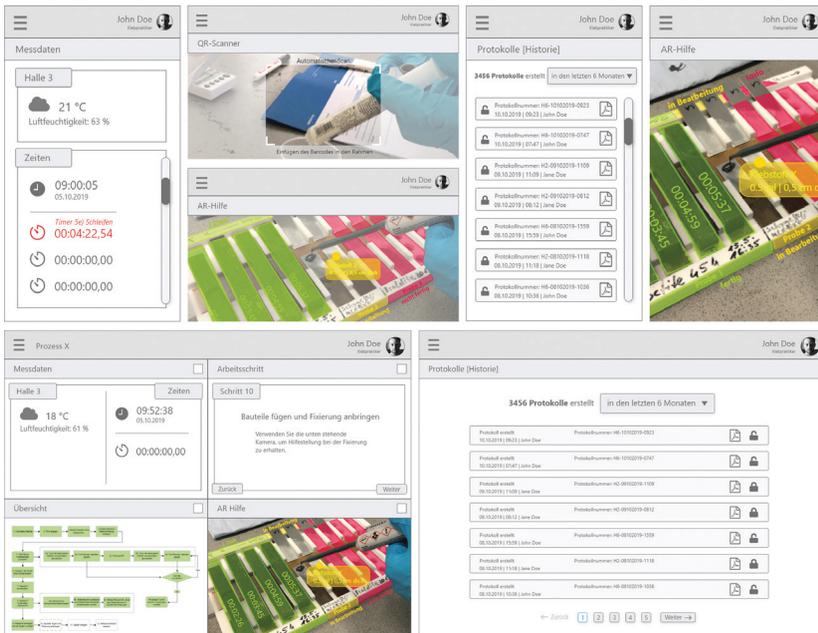


Abb. 6: Erste Low-Fidelity-Prototypen und Mock-ups für Smartphones und Tablets auf der Grundlage der Nutzungskontext- und Anforderungsanalyse (Quelle: Jannike Illing, OFFIS e. V. Oldenburg).

Von Nutzung zu Mitgestaltung: Wie Digitalisierung gelingt

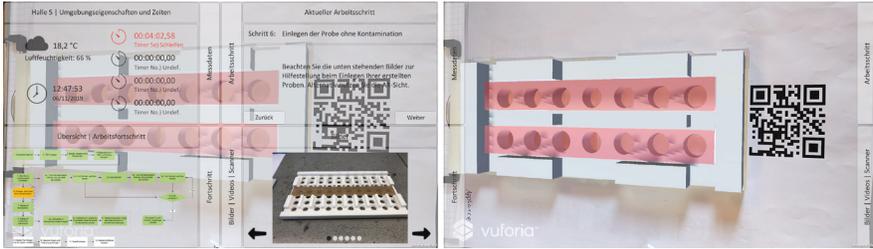


Abb. 7: Erster Low-Fidelity-Prototyp mit AR-Funktion für ein Tablet auf Basis der Papierprototypen (Quelle: Jannike Illing, OFFIS e. V. Oldenburg).

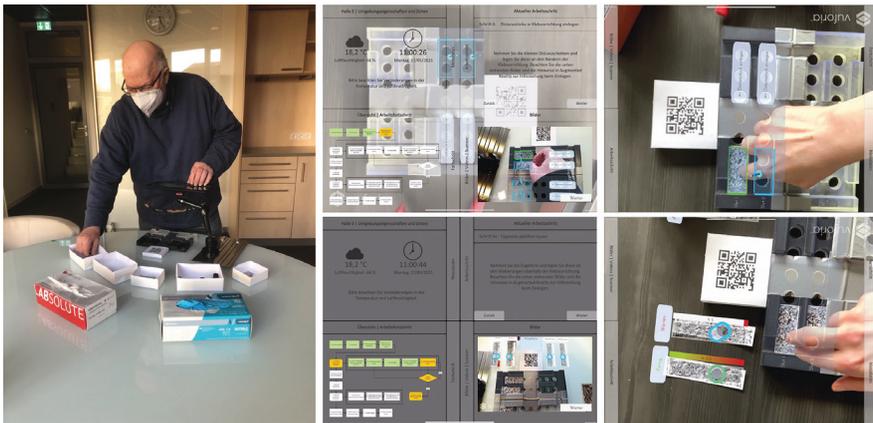


Abb. 8a: High-Fidelity-Prototypen auf Grundlage der Nutzerstudien und iterativen Weiterentwicklung. Bildausschnitte des Prototyps mit einem Tablet. Die transparenten Fenster (links) lassen sich einklappen (rechts), um eine vollständige Augmented Reality-Ansicht zu erhalten (Quelle: Jannike Illing, OFFIS e. V. Oldenburg).



Abb. 8b: High-Fidelity-Prototypen auf Grundlage der Nutzerstudien und der iterativen Weiterentwicklung. Bildausschnitte des Prototyps mit einer optical see-through AR-Brille (Microsoft HoloLens 2) (Quelle: Jannike Illing, OFFIS e. V. Oldenburg).

3.2.4 Evaluation

Die Evaluation von (Zwischen-)Ergebnissen ist eine notwendige Aktivität im Designprozess (DIN 9241-210). Bereits in den frühen Phasen eines Projekts sollten Design- und Entwicklungskonzepte bewertet werden, um ein besseres Verständnis für die Bedürfnisse der Nutzer:innen zu gewinnen. Aus diesem Grund sieht der Prozess nach jedem Iterationsschritt eine Evaluationsphase vor.

In einer ersten Nutzerstudie wurden zunächst verschiedene Modalitäten getestet, um den zeitkritischen Aspekt des Klebprozesses zu unterstützen (Abb. 9). So wurde ein Teilprozess mit einer Papier-, Tablet- sowie kopfgetragenen AR-Brille angezeigt. Sowohl die Tablet- als auch die kopfgetragenen Anweisungen wurden in Augmented Reality (AR) angezeigt, während die Papier-Anweisung den bisher etablierten analogen Ansatz repräsentiert und als Basisbedingung diente. Die Ergebnisse zeigten, dass Anleitungen in AR die Leistung und das Verständnis von zeitlichen und räumlichen Faktoren verbessern können. Die AR-Anleitung mit dem Tablet zeigte dabei die besten subjektiven Ergebnisse, was – insbesondere bei unerfahrenen Beschäftigten – die Motivation erhöhen kann.



(a) Papier-Anweisung

(b) Tablet-Anweisung

(c) kopfgetragene Anweisung

Abb. 9: Evaluation von Anweisungen (a) auf Papier, (b) mit einem Tablet (Samsung Galaxy Tab S4) und (c) mit einem kopfgetragenen Gerät (Microsoft HoloLens) (Illing et al. 2020).

In einer zweiten Nutzerstudie fokussierte die Evaluation des Prototyps die Verarbeitung paralleler Aufgaben (vgl. Kapitel 3.2.1). Dabei wurden drei AR-Anweisungen (a) mit einer Aufgabe, (b) mit zwei Aufgaben und (c) mit vier Aufgaben pro Arbeitsschritt auf einem Tablet präsentiert (Abb. 10).

Für die Anleitungen wurden ausgewählte Arbeitsschritte aus einem standardisierten Klebprozess stellvertretend für gängige zeitkritische Montageaufgaben verwendet. Die Ergebnisse zeigten, dass Arbeitsanweisungen mit mehreren gleichzeitig angezeigten Aufgaben pro Arbeitsschritt die Prozesszeit verbessern können, aber auch die Fehlerquote und die Aufgabenbelastung erhöhen. Die Arbeitsanweisungen mit weniger angezeigten Aufgaben pro Arbeitsschritt zeigten wiederum bessere subjektive Ergebnisse.

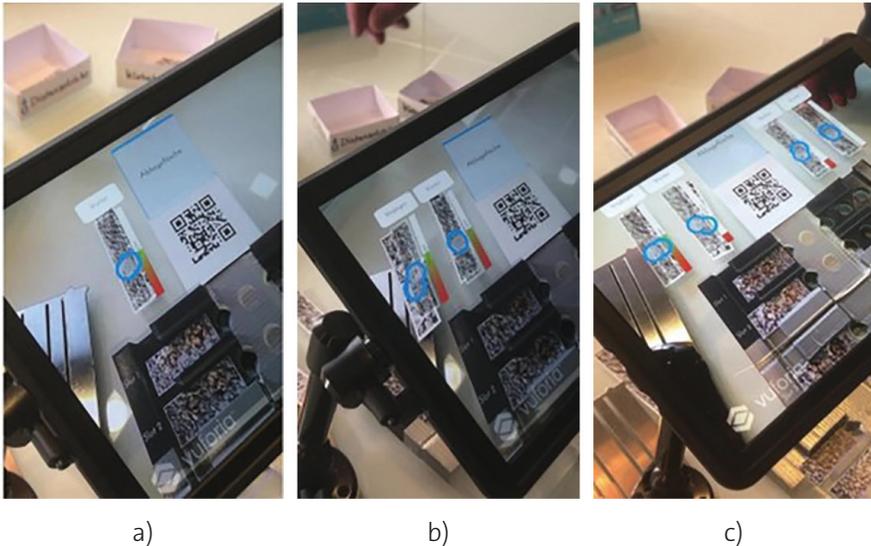


Abb. 10: Evaluation von Anweisungen mit (a) einer, (b) zwei oder (c) vier gleichzeitig angezeigten Aufgaben pro Schritt auf dem Tablet (Samsung Galaxy Tab S4) (Quelle: Illing et al. 2021).

3.2.5 Grenzen des HCD-Ansatzes

Es wird deutlich, dass der HCD-Prozess seinen Fokus auf die konkrete, ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln und Arbeitsabläufen legt und dabei auch auf Identifizierung und Erfüllung eines positiven individuellen Nutzererlebnisses zielt. Die pragmatisch-explorative Vorgehensweise des Ansatzes sowie die direkte Beteiligung potenzieller Nutzer:innen sind Merkmale, die auch für die öffentliche Verwaltung Anregungen liefern können. Dadurch lassen sich wichtige Erkenntnisse für die Gestaltung technischer Systeme gewinnen, zugleich werden im dargestellten Fallbeispiel aber auch einige mit dieser Vorgehensweise häufig verbundenen Einschränkungen und Grenzen deutlich. Vier Dimensionen, aus denen typischerweise limitierende Aspekte resultieren, sind aus interdisziplinärer Perspektive besonders wichtig.

Der HCD-Ansatz ist zwar in der Lage, die konkreten technischen und umgebungserzeugten Ausführungsbedingungen zu berücksichtigen, weniger gut eignet er sich erstens jedoch dafür, die sozialen Bedingungen und Strukturen der jeweiligen Arbeitsprozesse zu berücksichtigen. Diese werden derzeit in der Regel nicht erfasst und lassen sich auch nur schwer über Personas abbilden. Ähnliches gilt zweitens für die jenseits des unmittelbaren Arbeitsprozesses angesiedelten, in diesen jedoch hineinwirkenden Faktoren wie etwa Entgeltsysteme oder Arbeitszeitregelungen, aber vor allem für die Kooperations- und Kommunikationsbeziehungen zwischen Beschäftigten und Führungskräften, die, wie wir gesehen

haben, sich auch oder sogar gerade in der öffentlichen Verwaltung als Hemmschuh für effektive Digitalisierungsprozesse erweisen können. Drittens blendet der HCD-Ansatz arbeitsplatzübergreifende Organisationsressourcen aus, die sich vielerorts als erfolgsentscheidend für betriebliche Gestaltungsprozesse erweisen. Und schließlich zeigt sich aus interdisziplinärer Perspektive noch eine vierte, systematisch allerdings nur schwer zu überwindende Begrenzung des HCD-Ansatzes: Unabhängig davon, ob die HCD-Methodik in einer eher experimentellen Laborsituation, unter möglichst anwendungsnahen Reallaborbedingungen oder sogar in realen betrieblichen Settings zum Einsatz kommt, sie bleibt, zumindest solange sie nicht zu einer verbindlich institutionalisierten (Re-) Organisationsroutine bei technischen oder organisatorischen Veränderungen wird, eine Sondersituation im Rahmen von Entwicklungsvorhaben.

4. Wie Digitalisierung gelingt: Fazit

Auch wenn es eine Reihe von Gründen für die vielfach beklagte unbefriedigende Digitalisierungsdynamik gibt, haben wir im vorliegenden Beitrag unzureichende Mitgestaltungsmöglichkeiten in den Mittelpunkt gestellt: der Beschäftigten und prozessnahen Führungskräfte, aber auch der Bürger:innen. Defizitäre Mitwirkungsmöglichkeiten bei der Realisierung von digitalen Abläufen sind unseren Untersuchungsfällen und vorliegenden Studien zufolge ein wesentlicher Grund dafür, dass die erhofften Leistungsverbesserungen zu wenig eintreffen und gerade die Beschäftigten Digitalisierung zu oft als zusätzliche Arbeitsbelastung erfahren. Der in der Informatik etablierte Ansatz des Human-Centered Design ist eine wichtige Methodik, Mitgestaltungsdefiziten zu begegnen – vor allem dann, wenn es gelingt, die aus interdisziplinärer Sicht zu beobachtenden Grenzen und Einschränkungen des Ansatzes zu überwinden. Drei Aspekte halten wir für besonders wichtig:

- (1) Die HCD-Methodik bietet den Vorteil, dass die Anforderungen der (späteren) Nutzer:innen sowie die konkreten Ausführungsbedingungen im Technikentwicklungsprozess von Beginn an im Fokus stehen. Dabei wird der Nutzungskontext jedoch oft zu eng gefasst. Digitalisierte Arbeitsprozesse sind durch mehr geprägt als durch Mensch-Technik-Interaktionen: Soziale Beziehungen, gewachsene Strukturen und Dynamiken, die aus beruflichen, hierarchischen sowie informell wirkenden Formen der Arbeitsteilung resultieren, prägen wechselseitige Erwartungen und Interaktionsbeziehungen in Arbeitsprozessen und stellen dadurch spezifische Anforderungen an die auszuführenden Tätigkeiten und die diese unter-

stützenden digitalen Technologien. Die organisationale Einbettung beeinflusst in Verbindung mit Merkmalen von Tätigkeiten und spezifischen Arbeitslogiken nicht nur die konkreten Arbeitsbedingungen, sondern prägt außerdem die arbeitsbezogenen Erwartungen von Beschäftigten sowie deren Anforderungen an Digitalisierung. Wie die Wirkungen von Digitalisierungslösungen sowohl auf den Arbeitsprozess als auf das soziale Gefüge der Organisation unter späteren Normalbedingungen antizipiert und in frühen Phasen der Technikgestaltung berücksichtigt werden können, ist eine derzeit ungelöste Frage und daher Gegenstand weiterer interdisziplinärer Zusammenarbeit. Beispielsweise zeigt sich in der Forschung zu sozialer Akzeptanz der Nutzung interaktiver technischer Systeme in öffentlichen Räumen, dass auch die Frage, wie diese von Beobachtenden wahrgenommen wird (z. B. die Nutzung von Datenbrillen), für die Beurteilung technischer Systeme durch Anwender:innen relevant ist und stärker berücksichtigt werden sollte (Koelle et al. 2020). Die Normalbedingungen des Arbeitens frühzeitig zu berücksichtigen ist auch in der öffentlichen Verwaltung unverzichtbar für das Gelingen von Digitalisierungsvorhaben.

- (2) Die pragmatisch-explorative, iterativ mit Prototypen und Evaluationschleifen arbeitende Vorgehensweise ist geeignet, Mitgestaltung auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus zu ermöglichen und Impulse im Bereich der öffentlichen Verwaltung zu setzen. Im HCD existiert eine ganze Reihe von Methoden und Instrumente, um Systeme zu entwerfen, die effektiv und effizient sind und Fehler vermeiden. Menschliche Arbeit ist aber zugleich Teil von Selbstverwirklichung und mit Ansprüchen an Wertschätzung verkoppelt. Mangelnde Wertschätzung aufgrund von Missachtung fachlicher Kompetenzen ist zudem eine vielfach geäußerte Kritik bei wenig beteiligungsorientierten Digitalisierungsprozessen. Wie Sinnerleben und Wertschätzung bei der Entwicklung digitalisierter Systeme im Kontext HCD noch besser berücksichtigt werden können, bedarf ebenfalls weiterer Forschungsanstrengungen. Für die öffentliche Verwaltung bedeutet gelingende Digitalisierung in dieser Hinsicht vor allem, die besonderen Orientierungen der Beschäftigten in Bezug auf Gemeinwohl und deren spezifisches Amtsverständnis zu berücksichtigen.
- (3) Digitalisierung ist keine punktuelle Maßnahme, sondern eine Daueraufgabe und bedarf daher einer Institutionalisierung entsprechender Organisationsressourcen – nicht nur in personeller und finanzieller Hinsicht, sondern auch hinsichtlich der Reichweite von Gestaltungsmöglichkeiten sowie der Kompetenzen in den Bereichen Prozessgestaltung und Organisationsentwicklung. Hier sehen wir für den Bereich der öffentli-

chen Verwaltung erheblichen Nachholbedarf. Arbeitsabläufe kontinuierlich zum Gegenstand von Investitionen und Verbesserungsprozessen zu machen, ist aus strukturellen Gründen in diesem Bereich eher weniger stark etabliert. Rollenverständnisse und Aufgabenzuweisungen an untere und mittlere Führungskräfte sind vor allem durch Fachaufsicht, Personalführung sowie Rechtssicherheit gekennzeichnet; Beteiligung ermöglichende Kommunikationsformen sind vergleichsweise schwächer ausgeprägt. Die Notwendigkeit, über den einzelnen Gestaltungsfall hinauswirkende, übergreifende Organisationsressourcen bereitzustellen, sollte auch im HCD-Ansatz stärkere Berücksichtigung finden. Für öffentliche Verwaltungen ist gerade der Aufbau von Ressourcen und Kompetenzen im Bereich Organisationsentwicklung nach wie vor eine besondere Herausforderung.

Eine für die öffentliche Verwaltung prägende und zugleich herausfordernde Anforderung bei der Organisation von Mitgestaltungsprozessen liegt nicht zuletzt im ausgeprägten Interaktionscharakter vieler Tätigkeiten und den vielfältigen Anforderungen, die an Verwaltungshandeln gestellt werden: Die Berücksichtigung und Durchsetzung von Rechtsansprüchen, der Umgang mit sozialen Notlagen, Bürgerfreundlichkeit und Serviceorientierung, die auf unterschiedliche Digitalkompetenzen sowie Ressourcen von Anspruchsberechtigten und Beschäftigten treffen. Divergierenden Erwartungen von Beschäftigten, Führungskräften und Bürger:innen machen die Gestaltung von digitalen Abläufen in der öffentlichen Verwaltung zu einer besonders komplexen Aufgabe. Verwaltungswissenschaftler:innen wie Bogumil und Kuhlmann (2021) betonen zu Recht, dass das Gelingen von Digitalisierung auch dadurch erschwert wird, dass Verwaltungen durch verschiedene Rechtskreise, administrative Ebenen und ein komplexes Sozialversicherungssystem vielfach zerklüftet sind. Schon allein die fehlende übergreifende Digitalisierung von Registern stellt eine beträchtliche Hürde für durchgängige Digitalisierungsprozesse dar. Mitgestaltungsmöglichkeiten von gleichermaßen Beschäftigten *und* Bürger:innen zu erweitern und dauerhaft in der Organisation zu institutionalisieren, dürfte letztlich aber eine ähnlich anspruchsvolle Gelingensbedingung sein.

Literatur

- Altendorf, A.; Kuhlmann, M.: Digitalisierung im Jobcenter. Arbeitslogiken als Einflussfaktor, SOFI-Impulspapier 2024.
- Apitzsch, B.; Buss, K.-P.; Kuhlmann, M.; Weißmann, M.; Wolf, H.: Arbeit in und an Digitalisierung: Ein Resümee als Einführung. In: Buss, K.-P.; Kuhlmann, M.; Weißmann, M.; Wolf, H.; Apitzsch, B. (Hrsg.), Digitalisierung und Arbeit, Triebkräfte – Arbeitsfolgen – Regulierung, Frankfurt/New York, S. 9–38, 2021.
- Armenakis, A. A., Harris, S. G., & Mossholder, K. W.: Creating readiness for organizational change. *Human relations*, 46(6), S. 681–703, 1993.
- Bitkom: Digitalisierung der Wirtschaft. Berlin 2023, <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-06/230622Bitkom-ChartsDigitalisierung-der-Wirtschaftfinal.pdf> [Letzter Zugriff: 07.12.2023].
- Bødker, S.; Dindler, C.; Iversen, O. S.; Smith, R. C.: *Participatory Design*. Berlin 2022.
- Böhle, F.; Wehrich, M.: Das Konzept Interaktionsarbeit. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, Vol. 74, S. 9–22, 2020.
- Bogumil, J.; Kuhlmann, S.: Digitale Transformation in deutschen Kommunen. Das Beispiel der Bürgerämter und was man daraus lernen kann. In: *Die Verwaltung*, Vol. 54, H. 1, S. 105–132, 2021.
- Bogumil, J.; Jann, W.: *Verwaltung und Verwaltungswissenschaft in Deutschland. Eine Einführung*, 3. Auflage. Wiesbaden 2020.
- Buchholz, U.; Knorre, S.: *Interne Kommunikation in agilen Unternehmen: Eine Einführung*. Wiesbaden 2017.
- Bundesministerium des Innern und für Heimat: *Dashboard Digitale Verwaltung*. Berlin 2023, <http://dashboard.ozg-umsetzung.de/> [Letzter Zugriff: 07.12.2023]
- Buss, K.-P.; Kuhlmann, M.; Weißmann, M.; Wolf, H.; Apitzsch, B. (Hrsg.): *Digitalisierung und Arbeit, Triebkräfte – Arbeitsfolgen – Regulierung*, Frankfurt am Main 2021.
- Carls, K.; Gehrken, H.; Kuhlmann, M.; Splett, B.; Thamm, L.: Digitalisierung aus Beschäftigtensicht. Fehlende Mitgestaltung, belastender Zusatzaufwand, mangelnde Wertschätzung. In: *WSI Mitteilungen*, Vol. 76, H. 2, S. 83–92, 2023.
- Carls, K.; Gehrken, H.; Kuhlmann, M.; Thamm, L.: *Digitalisierung – Arbeit – Gesundheit. Zwischenergebnisse aus dem Projekt Arbeit und Gesundheit in der Arbeitswelt 4.0, SOFI Arbeitspapier / SOFI Working Paper 2020–19*, 2020.
- Dey, A. K.: Understanding and Using Context. In: *Personal Ubi Comp*, Vol. 5, S. 4–7, 2001.
- DGB-Index Gute Arbeit: *Digitale Transformation – Veränderungen der Arbeit aus Sicht der Beschäftigten. Report 2022*. Berlin 2022.
- DIN EN ISO 9241-210:2011-01. Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems.
- DIN EN ISO 9241-11:2018-11. Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Usability: Definitions and concepts.

- DStGB (Deutscher Städte- und Gemeindebund): Alexander Handschuh, Sprecher des Deutschen Städte- und Gemeindebunds (DStGB). In: #stadtvonmorgen, 9. März 2023.
- Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): *Blinde Flecken in der Umsetzung von Industrie 4.0 – identifizieren und verstehen*. München 2022.
- Garrett, J. J.: *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. 2. Auflage. London 2010.
- Hassenzahl, M.; Tractinsky, N.: *User Experience – a Research Agenda*. In: *Behaviour & Information Technology*, Vol. 25, H. 2, S. 91–97, 2006.
- Hirsch-Kreinsen, H.: *Digitale Transformation von Arbeit. Entwicklungstrends und Gestaltungsansätze*. Stuttgart 2020.
- Illing, J.; Klinke, P.; Pfingsthorn, M.; Heuten, W.: *Less is more! Support of Parallel and Time-critical Assembly Tasks with Augmented Reality*. In: *Proceedings of Mensch und Computer 2021 (MuC '21)*. Association for Computing Machinery, S. 215–226, 2021.
- Illing, J.; Klinke, P.; Grünefeld, U.; Pfingsthorn, M.; Heuten, W.: *Time is money! Evaluating Augmented Reality Instructions for Time-Critical Assembly Tasks*. In: *Proceedings of the 19th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '20)*. Association for Computing Machinery, S. 277–287, 2020.
- Kaeser, J. im Interview mit Armin Mahler und Dinah Deckstein: »Das wird die Schicksalsfrage der deutschen Wirtschaft«. *Spiegel* 2017, <https://www.spiegel.de/spiegel/joe-kaeser-ueber-digitalisierung-schicksalsfrage-der-wirtschaft-sein-a-1169382.html> [Letzter Zugriff: 07.12.2023].
- Kerst, V.; Ruhose, F.: *Schleichender Blackout. Wie wir das digitale Disaster verhindern*. Bonn 2023.
- Koelle, M.; Ananthanarayan, S.; Boll, S.: *Social Acceptability in HCI: A Survey of Methods, Measures, and Design Strategies*, CHI 2020.
- Köhler-Geib, F. zitiert in »Digitalisierung als Hoffnungsträger«. *Welt* 2021, <https://sonderthemen.welt.de/digitalisierung-als-hoffnungstraeger-137849> [Letzter Zugriff: 07.12.2023].
- Krug, S.: *Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability*. San Francisco 2014.
- Kuhlmann, M.: *Digitalisierung und Arbeit. Eine Zwischenbilanz als Einleitung*. In: *WSI-Mitteilungen Schwerpunktheft »Digitalisierung und Arbeit. Entwicklungslinien, Arbeitswirkungen und Gestaltungsmöglichkeiten«*, Vol. 76, H. 5, S. 331–336, 2023.
- Lidwell, W.; Holden, K.; Butler, J.: *Universal Principles of Design, Revised and Updated: 125 Ways to Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, and Teach Through Design*. Gloucester 2010.
- Malczok, M.; Kirchoff, S.: *Digitalisierung und Partizipation – Brauchen wir ein neues Skill Set für Führungskräfte?* In: *Stumpf, M. (Hrsg.), Digitalisierung und Kommu-*

Von Nutzung zu Mitgestaltung: Wie Digitalisierung gelingt

- nikation. Europäische Kulturen für die Wirtschaftskommunikation, Vol 31, S. 211–229, Wiesbaden 2019.
- Muller, M. J.: Participatory Design: the Third Space in HCI. The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, S. 1051–1068, 2002.
- Nationaler Normenkontrollrat (NKR): Monitor Digitale Verwaltung #6. Berlin 2021.
- Nationaler Normenkontrollrat (NKR): Weniger, einfacher, digitaler. Bürokratie abbauen. Deutschland zukunftsfähig machen. Jahresbericht 2023. Berlin 2023.
- Nielsen, J.: Usability Engineering. San Francisco 1994.
- Nissinen, T.: User experience prototyping – a literature review. Bachelor's Thesis, University of Oulo 2015.
- Pfeiffer, S.; Schrape, J.-F.: Digitale Transformation der Arbeit. In: Bohn, R.; Hirsch-Kreinsen, H.; Pfeiffer, S.; Will-Zocholl, M. (Hrsg.): Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie, 3. Auflage, S. 134–138, Baden-Baden 2023.
- Rafferty, A. E., Jimmieson, N. L.; Armenakis, A. A.: Change Readiness: A Multilevel Review. Journal of Management, 39(1), 110–135, 2013.
- Seibel, W.: Verwaltung verstehen. Eine theoriegeschichtliche Einführung. Berlin 2017.
- Vitols, K.; Schmid, K.; Wilke, P.: Digitalisierung, Automatisierung und Arbeit 4.0. Beschäftigungsperspektiven im norddeutschen Dienstleistungssektor. Reihe: Forschungsförderung Working Paper, Nr. 32, Hans Böckler Stiftung. Düsseldorf 2017.
- WEF (World Economic Forum): The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. Genf 2016.

Anmerkung

- 1 engl. Bezeichnung für Wiedergabetreue.



© Antonia Altendorf | Jannike Illing | Melanie Malczok | Wilko Heuten | Martin Kuhlmann | Susanne Boll

»Gemeinsam müssen wir den Transfer für Innovationen verbessern!«

Interview mit Prof. Dr. Joachim Schachtner, Staatssekretär im Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (NMWK)



Bevor Prof. Dr. Joachim Schachtner Staatssekretär im NMWK wurde, war er Präsident der Technischen Universität Clausthal und Professor für Biologie und Vizepräsident für Informations- und Qualitätsmanagement an der Philipps-Universität Marburg. Er kennt daher die Wissenschafts- und Universitätsstrukturen nicht nur aus der politischen Perspektive, sondern auch von innen.

Joachim Schachtner (Foto: Christian Kreuzmann)

Neues Archiv: Können Sie aus Ihrer Sicht schildern, wie Sie sich das Zusammenspiel der Akteure in der Innovationspolitik eines Landes idealerweise vorstellen?

Noch sind wir bei Innovationen gut aufgestellt, wie die OECD-Studie vom letzten Jahr gezeigt hat. Aber wir könnten es der Wirtschaft und der Gesellschaft einfacher machen, wenn wir das Wissenschafts- und Bildungssystem besser mit der Wirtschaft verknüpfen würden.

Anders gesagt: Wir müssen jetzt überlegen, wie wir diese Verknüpfung besser in der Praxis umsetzen. Wir müssen bei Ausgründungen aus den Hochschulen besser werden. Wir müssen den Transfer in bestehende Unternehmen, kleine wie große, verbessern. Und wir müssen dafür sorgen, dass unsere Absolventinnen und Absolventen auch in den Unternehmen vor Ort in den Regionen bleiben. Mit diesen Punkten sind neben dem Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) weitere Ressorts angesprochen, damit dies am Ende gelingen kann. Im Ergebnis müssen die Ressorts der Landesregierung eng und vertrauensvoll zusammenarbeiten, um eine gemeinsame Innovationsstrategie zu entwickeln, die richtigen Maßnahmen zu identifizieren und sie umzusetzen. Und wir müssen uns klare Ziele setzen: Wo wollen wir in fünf oder zehn Jahren stehen?

»Gemeinsam müssen wir den Transfer für Innovationen verbessern!«

Neues Archiv: Wo sehen Sie Verbesserungsmöglichkeiten in der konkreten Zusammenarbeit für Innovationen in Niedersachsen?

Wir haben schon im Koalitionsvertrag deutlich gemacht: Innovation ist ein wichtiges Thema für uns, das wir strategisch angehen werden, um die Lage zu verbessern. Dafür müssen wir die Instrumente nutzen, die schon eingespielt sind. So brauchen wir die Erfahrungen des Ministeriums für Bundes- und Europaangelegenheiten und regionale Entwicklung (MB) mit der Regionalen Innovationsstrategie, um EU-Fördermittel nach Niedersachsen zu holen. Mehrere Ressorts stehen in einem engen Austausch: das Wirtschaftsministerium, das Ministerium für Bundes- und Europaangelegenheiten und Regionale Entwicklung sowie das Ministerium für Wissenschaft und Kultur – und damit sind noch gar nicht alle genannt, die sich da einbringen können. Diesen gemeinsamen Prozess betreiben wir gemeinsam auf der Leitungs- und der Arbeitsebene, um gut vorbereitete Entscheidungen zu treffen. Wir haben mit dieser sogenannten »Steuerungsgruppe Innovation« eine Governance-Struktur hinterlegt, die sowohl Detailregelungen auf der Arbeitsebene als auch die Entscheidungsebene umfasst.

Gleichzeitig haben wir Elemente unserer Innovationspolitik evaluieren lassen oder evaluieren sie noch. Auf diese Weise gewinnt die Steuerungsgruppe ausreichend Anhaltspunkte, an welchen Stellen sie ansetzen kann.

Neues Archiv: Sie haben schon vier Ressorts genannt, die mindestens für die Innovationspolitik in Niedersachsen zentral sind. An welcher Stelle führt die Landesregierung die Innovationspolitik zusammen, entwirft die Strategie und begleitet die Umsetzung?

Aus meiner Sicht müssen wir das Innovationsthema viel intensiver gemeinsam besprechen – das gilt sicher auch für die schon genannten Ministerien, zwischen denen wir daher die eben erwähnte »Steuerungsgruppe Innovation« eingerichtet haben. Ich bin ein Freund von verschränkten Prozessen, die man mit einer kleinen Gruppe beginnt, um erste Ergebnisse zu erzielen, welche dann themenbezogen ihre Kreise erweitert. Dieses Vorgehen war einer der Ausgangspunkte für die RIS3-Strategie des MB, weil wir weiterhin Mittel aus den Europäischen Strukturfonds für Niedersachsen gewinnen wollen und dafür eine Grundlage benötigen. Das macht aber nicht ein Ministerium allein, sondern wir diskutieren das intensiv zwischen den zuständigen Ministerien, um eine für alle sinnvolle Lösung zu schaffen. Dafür ist die »Steuerungsgruppe Innovation« ein ganz entscheidendes Element der Governance.

Darüber hinaus tauschen wir uns aus, um weitere Fragen der Innovationspolitik zu adressieren. Zum Beispiel stehen am Ende vieler innovationspolitischer Entscheidungen Förderprogramme und wir fragen uns, wie die bestehenden Förderprogramme zu unseren Zielen passen, wie das ressortübergreifende Förder-

portfolio aussieht, welche Förderprogramme wir zusätzlich entwickeln müssen und welche vielleicht zukünftig entbehrlich sind. Solche Fragen kann man sinnvoll nur zusammen mit der Förderbank, der NBank, gut beantworten. Ich denke, dass wir Förderprogramme grundsätzlich einfacher gestalten müssen und dass sie auch grundsätzlich längerfristig angelegt sein sollten.

Neues Archiv: Müssen wir mehr gemeinsame Anstrengungen aller Akteure organisieren, um Herausforderungen wie sie die Circular Economy, die Klimaanpassung und andere darstellen, gerecht zu werden?

In meiner früheren Tätigkeit als Präsident der Technischen Universität Clausthal hatte ich es überwiegend mit ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fächern zu tun. Damals gelang es uns in Südostniedersachsen, über alle Fachgrenzen hinweg das Thema »Circular Economy« früher als andere aufzugreifen und mit der Digitalisierung zu verbinden. Genau darin sind alle unsere Hochschulen sehr gut: Sie greifen große gesellschaftliche Herausforderungen frühzeitig auf, stellen inter- und transdisziplinäre Teams zusammen und können in konkreten Fragen die Verbindung zu den Unternehmen schnell herstellen. Ich frage mich: Wie können wir das noch stärker befördern? Denn es geht immer noch besser!

Eine Antwort darauf sind die Kooperationen von Hochschulen in »Wissenschaftsräumen«, die wir als Ministerium über die Zukunftsagenda »zukunft.niedersachsen« mit Mitteln aus der VolkswagenStiftung auf den Weg bringen konnten. Auch diese sind geeignet, große Herausforderungen der Gesellschaft zu adressieren. Ebenso können die wissenschaftlich- und transferorientierten Zentren in Niedersachsen wie das Zentrum für digitale Innovationen (ZDIN) eine gute Antwort auf große Fragestellungen sein, die nicht von einer Professur aus beantwortet werden können, sondern für die man große interdisziplinäre Verbünde benötigt.

Neues Archiv: Hochschulen und Universitäten sind auch für den Transfer zuständig. Sehen Sie Möglichkeiten, die Anreize zu verändern oder zu ergänzen, damit Wissenschaftler sich insgesamt mehr für den Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft interessieren? Und muss man auch den Hochschulpräsidien mehr Anreize geben?

Darauf möchte ich gern zwei Antworten geben: Erstens in Bezug auf die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Dazu haben wir einige Parameter, zum Beispiel die Zahl der Patente oder der Ausgründungen aus einer Hochschule – natürlich mit Blick auf die Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und der Disziplinen. Aber das ist trotzdem alles eher mäßig geeignet, um klare Anreize für die Hochschulen zu setzen. Deswegen habe ich mich sehr gefreut, dass der Stifterverband sich auch der Frage angenommen und das Transferbarometer entwickelt hat. Mit diesem kann jede Hochschule ganz spezifisch ihre Ausrichtung

»Gemeinsam müssen wir den Transfer für Innovationen verbessern!«

auf den Transfer reflektieren und für sich selbst festlegen, wie sie das Thema angehen möchte. Denn natürlich ist das bei einer Technischen Hochschule, einer Volluniversität oder einer Hochschule für Kunst und Musik sehr unterschiedlich. Auch Lehrkräfte aus- und weiterzubilden unterstützt den Transfer. Wir müssen mit den Hochschulen daran arbeiten, dass sie für sich spezifische Transferfelder entwickeln und daran ihre Entwicklung aufzeigen. Dazu können wir über den Hochschulentwicklungsvertrag, der zukünftig ein Kapitel zum Transfer enthalten wird, einen Impuls geben. Das geht ebenfalls über die leistungsorientierte Mittelzuweisung oder über die Zielvereinbarungen mit den Hochschulen. Wahrscheinlich gibt es nicht den einen richtigen Weg. Die vielfältige Hochschullandschaft braucht verschiedene Instrumente.

Zweitens, historisch bedingt waren die Hochschulen für Lehre und Forschung zuständig. Die einen haben mehr die Lehre betont, die anderen mehr die Forschung. Mittlerweile haben alle Bundesländer in ihre Hochschulgesetze den Transfer als weiteres Ziel aufgenommen. Aber zusätzliche Mittel dafür gab es kaum. Der Transfer war eine zusätzliche Aufgabe, die man irgendwie aus dem Budget miterfüllen musste. Das Ergebnis war, dass dieser meistens weniger intensiv verfolgt wurde. Nur wenn es eine Fördermöglichkeit durch den Bund oder das Bundesland gab, war dies anders. Deswegen ist es an der Zeit, zu fragen: Was können Hochschulen leisten? Welche Partnerinnen und Partner brauchen sie wofür? Was passt zur jeweiligen Hochschule? Und dazu gehört auch die Frage, was zukünftig nicht fortgeführt werden soll, eben weil es nicht zielführend ist. Und, um noch besser zu werden, müssen wir uns anschauen, was die Hochschulen tatsächlich gut abbilden können, wo die Grenzen liegen, aber eben auch, welche Partnerinnen und Partner nötig sind, um ein Transferklima zu schaffen, welches das Thema für Studierende und Wissenschaftler*innen so attraktiv macht, dass der »Transfer« von vornherein als eine gute Option mitgedacht wird. Das Transferbarometer kann hier sehr gut unterstützen. Wir müssen identifizieren, was wir mit den zur Verfügung stehenden Mitteln zielgerichtet und nachhaltig in unserer Hochschulkultur verändern können, um noch besser zu werden, indem wir beispielsweise Studierende an wirtschaftliches Denken heranführen, ihnen mehr Exkursionen und Praktika ermöglichen oder auch die Gründungswilligen frühzeitig in ihren Vorhaben unterstützen. Der angesprochene Kulturwandel an den Hochschulen hat in unterschiedlichen Geschwindigkeiten und unterschiedlichen Ausprägungen ja bereits begonnen, die Potenziale werden immer mehr erkannt und vieles wird ausprobiert, beispielsweise bei Ausgründungen. Dort werden vorhandene Fördermöglichkeiten wie Hightech Inkubatoren bereits intensiv genutzt.

National ist die UnternehmerTUM in München sicherlich ein hervorragendes Beispiel: Dort übernimmt es eine private Initiative, diesen Kulturwandel herbei-

zuführen und feste Entrepreneurship-Strukturen zu schaffen in Zusammenarbeit mit der staatlichen Universität und mit sehr großem Erfolg. Vielleicht müssen wir nach genau solchen Möglichkeiten suchen, um den Kulturwandel voranzutreiben und vor Ort Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu schaffen, die dies unterstützen. Aus meiner Sicht brauchen wir für diesen Bereich auch professionelle Kräfte, die beides können – Hochschule und Wirtschaft. Dabei geht es mir nicht um Privatisierung, sondern um ein kluges, aufeinander abgestimmtes Vorgehen zwischen öffentlichen und privaten Akteuren.

Neues Archiv: Im Flächenland Niedersachsen waren die Hochschulen immer potenzieller Ort der Innovationen und der Regionalentwicklung. Wie schätzen Sie die Rolle von Hochschulen an Standorten wie Clausthal, Vechta oder Holzminden, aber auch in den kleineren Oberzentren wie Göttingen, Oldenburg oder Osnabrück für das Regionale Innovationssystem ein?

Gerade weil Niedersachsen ein Flächenland ist mit vielen weit auseinander liegenden Großstädten und Städten, war Hochschulpolitik immer auch Regionalentwicklung. Und natürlich sind einige Regionen demografisch unter Druck – je ländlicher eine Region geprägt ist, desto höher ist tendenziell der Druck. Aus unserer Sicht sind die regionalen Innovationssysteme – und damit meine ich jetzt die Ebene unterhalb des Landes – ein ganz wichtiger Teil des Ganzen. Aber sie stehen auch nicht allein da, sondern gehören in eine Gesamtsicht, bei der das Land gut daran tut, dafür zu sorgen, dass Verschränkungen entstehen und Kooperationen über die einzelnen Regionen hinweg geschehen.

Beim Startup-Bereich sehe ich, dass Kooperationen in den Regionen, aber auch schon zwischen Regionen sehr gut anlaufen, eben weil dort die Hochschulen und andere regionale und überregionale Akteure einen Weg miteinander gefunden haben. Der Startup-Beirat Niedersachsen arbeitet daran, dass solche fachlichen Kooperationen im Gründungsbereich zunehmen. Dasselbe haben wir bei den Transferverbänden gesehen, die zwar alle auf ein regionales Innovationssystem fokussiert waren, sich aber dann doch über die Verbundgrenzen hinaus ausgetauscht haben. Wir können als Land nicht die Strategie verfolgen, alle Angebote an allen Orten zu schaffen – aber wir können die Angebote oder wenigstens die Erfahrungen an anderen Orten für alle anderen zugänglich machen. Dafür brauchen wir vor Ort kooperationsbereite Einrichtungen, die so flexibel sind, jederzeit auch bei den anderen einzuspringen und auszuhelfen.

Auch innerhalb der Regionen fördern wir die Zusammenarbeit, beispielsweise im GesundheitsCampus der Universitätsmedizin Göttingen und der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminden/Göttingen. Der GesundheitsCampus ist ein gutes Beispiel dafür, wie sich durch Kooperation vollkommen neue Perspektiven zum Beispiel in der Medizintechnik entwickeln.

»Gemeinsam müssen wir den Transfer für Innovationen verbessern!«

Das begleiten wir als Ministerium und freuen uns an den Erfolgen wie etwa der zunehmenden Auslastung der Studiengänge des GesundheitsCampus.

Wichtig ist, dass alle Hochschulstandorte etwas in ihre Region einbringen können, von dem auch das Land insgesamt profitiert. Deswegen suchen wir an allen Orten nach dem, was einen zusätzlichen Mehrwert bringt und wollen diesen besonders fördern. Am Ende ist es doch keine Frage nach »groß oder klein«, sondern eine Frage der Kompetenzen und der Möglichkeiten. Und da gilt wie im Mannschaftssport: Als Team erreichen wir mehr – aber wir müssen uns dafür auch als Teammitglieder verstehen.

Neues Archiv: Das ZDIN – das Zentrum für Digitale Innovationen in Niedersachsen – hat eine Geschäftsstelle in Oldenburg, ist aber über alle Hochschulstandorte verteilt. Das Energieforschungszentrum EFZN arbeitet von Goslar aus, aber auch da sind die Forscher*innen landesweit verteilt. Und im Bereich Klima haben wir jetzt das Zentrum für Klimaschutz Niedersachsen (ZfKN) in Braunschweig wieder mit einer landesweiten Perspektive. Sind diese drei Zentren »Modelle« für vernetzte landesweite Forschung?

Es ist doch spannend, wie positiv sich alle drei genannten Zentren entwickelt haben, obwohl das ZDIN, das EFZN und inzwischen auch das ZfKN sehr unterschiedlich aufgesetzt sind. Ich würde nicht grundsätzlich von »einem« Modell sprechen, sondern hervorheben, dass es verschiedene Modelle der vernetzten Forschung in Niedersachsen sind, die in ihren jeweiligen Bereichen sehr gut funktionieren und einige Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede aufweisen.

Als Land betonen wir dabei, dass wir das jeweilige Zentrum zwar formal an einem Ort ansiedeln, es sich aber immer um landesweite Kooperations- und Vernetzungsstrukturen handelt, an denen alle, die etwas einbringen können und wollen, sich beteiligen dürfen und sollen. Und das führt zu ganz großartigen breitangelegten Verbänden, in denen wir die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Land zusammenbringen, und in denen ihre Kompetenzen noch einmal ganz anders zur Geltung kommen können. Es ist ja nicht so, dass jede Forscherin und jeder Forscher an jedem Standort schon das ideale Umfeld für sich vorfindet – und da sind landesweite Kooperationen ein Schritt, der genau das verbessern kann. Das Beste daran ist, dass sich für solche Verbände dann auch Unternehmen zur Mitarbeit interessieren, weil sie nicht nur aus einem Hochschulstandort mit Expertise versorgt werden, sondern vom ganzen Land profitieren.

In den letzten vier bis fünf Jahren hat sich das aus meiner Sicht sehr positiv entwickelt und wir gehen diesen Weg mit dem Zentrum für Klimaschutz Niedersachsen auch weiter. Unterschiede gibt es bei der Finanzierung dieser Zentren. Als Land wollen wir die Aktivierungsenergie aufbringen, damit etwas in Gang kommt. Dabei können wir beispielsweise Mittel aus zukunfts.niedersachsen über

die VolkswagenStiftung aufbringen, aber dies kann keine Strukturförderung auf Dauer sein. Natürlich begleiten uns manche der Themen über eine einmalige Projektförderung hinaus. Langfristig wollen wir, dass die Zentren auf eigenen Beinen stehen können oder dass sich aus dem Gelernten und den Erfahrungen auch andere passende Strukturen entwickeln.

Neues Archiv: Ein Ziel der drei Netzwerke EFZN, ZDIN und ZkFN ist auch der Transfer. Wie könnten diese Zentren die Verbindungen in den Transfer stärken und flächendeckend Transferleistungen gerade für KMU erbringen?

Transfer ist bei allen drei Zentren mitgedacht. Es gehört dazu, dass die Forschung sich Gedanken macht, wie sie ihr Wissen in die Gesellschaft hineinträgt. Das soll in Zukunft noch besser werden: Weitere mittelständische Unternehmen sollen adressiert werden, die in ihren regionalen und überregionalen Netzwerken organisiert sind. Dafür ist wichtig, dass es nicht nur um technische Innovationen geht, sondern immer auch um die wirtschaftliche und gesellschaftliche Umsetzung, dass also soziale und organisationale Innovationen ebenso im Fokus stehen. Deswegen müssen unsere landesweiten Zentren gerade die Gesellschafts- und Geisteswissenschaften einbeziehen und das tun sie bereits alle.

Jetzt brauchen wir noch darunter eine Struktur, die im Verbund mit regionalen und überregionalen Netzwerken und kommunalen Wirtschaftsförderungen die Innovationen in die Breite des Marktes transportiert. Darüber müssen wir uns langfristig ressortübergreifend Gedanken machen, weil das natürlich das Wirtschaftsministerium genauso interessiert wie das Wissenschaftsministerium – und wahrscheinlich noch viele andere. Dafür brauchen wir den breiten Fachdialog über Innovationspolitik mit allen Stakeholdern im Land.

Neues Archiv: Die kommunalen Wirtschaftsförderungen können ein zentraler Akteur beim Erreichen von KMU sein. Können Sie aus Sicht des MWK sagen, wie diese Verbindungen genutzt und vielleicht gestärkt werden können?

In Niedersachsen begeistert mich immer wieder, dass – unabhängig davon, in welche Region man kommt – man auf Leute trifft, die etwas bewegen wollen. Diese kennen ihre lokalen und regionalen Gegebenheiten viel besser als alle anderen. Das ist doch die Kraftquelle für Regionalentwicklung: der Wille, etwas zu verändern. Das reicht von Menschen in Hochschulen und in Unternehmen bis weit in die Strukturen der Industrie- und Handelskammern, der Handwerkskammern oder auch der kommunalen Wirtschaftsförderungen und vieler anderer Organisationen hinein. Natürlich sind wir als MWK nicht immer deren erster Ansprechpartner, aber dieses Signal der Offenheit in der Innovationspolitik, dass wir mit allen reden müssen, das wollen wir als Landesregierung aussenden: Wir müssen gemeinsam darüber nachdenken, wie wir die Strukturen noch besser

»Gemeinsam müssen wir den Transfer für Innovationen verbessern!«

entwickeln können, um die örtlichen Initiativen zu stärken und die vielen Perspektiven unserer Akteurinnen und Akteure klug zu verknüpfen. Denn dass wir besser und schneller Innovationen in den Markt und die Gesellschaft bringen müssen, liegt auf der Hand.

Neues Archiv: Im Koalitionsvertrag der Landesregierung kommt die Innovationspolitik an vielen Stellen vor: Beispielsweise soll ein Innovationsrat eingerichtet werden. Wie weit ist das und welche Wirkungen erhoffen Sie sich davon?

Der Innovationsrat, den wir uns vorstellen, sollte sechs bis zehn Mitglieder umfassen und vor allem international besetzt sein, um eine kritische Perspektive von außen zu bekommen, wie gut wir mit unserer Innovationspolitik in Niedersachsen vorankommen. Der Rat muss sich die Ressourcen anschauen, die in das Innovationssystem fließen, er muss – unterstützt unter anderem vom Innovationszentrum, von Startup Niedersachsen und vom Innovationsnetzwerk Niedersachsen – die Wirkungen anschauen, die das Innovationssystem auslöst, und Empfehlungen geben, um die Wirkungen zu verbessern. Ein solcher international besetzter Rat mit ausgewiesenen Fachleuten, die wissen, was in anderen europäischen Ländern und in anderen Bundesländern geschieht, kann uns helfen zu erkennen, wo genau und wie wir besser werden können. Jetzt stellen wir gerade diese Gruppe zusammen und streben an, dass der Rat nach seiner Einrichtung innerhalb von zwei Jahren erste Empfehlungen geben kann. Ich verspreche mir auch, dass es im Laufe der Arbeit des Beirates bereits Erkenntnisse geben wird, die wir nutzen können. Dafür müssen wir motivierte und kenntnisreiche Personen gewinnen. Gemeinsam mit landesweit agierenden Akteuren wie dem Innovationszentrum, dem Innovationsnetzwerk oder dem Startup-Beirat, sind wir damit gut aufgestellt. Unser Motto für den Innovationsrat und den Prozess der fortlaufenden Evaluation der Innovationspolitik ist »agil und verschränkt«. Denn wir müssen schneller darin werden, Defizite aufzuarbeiten. Das geht mir bislang alles zu langsam.

Neues Archiv: Wir danken Ihnen für das Gespräch.

Das Interview führten Kilian Bizer und Philipp Bäuml im September 2023 in Hannover.



© Joachim Schachtner | Kilian Bizer | Philipp Bäuml

Pro & Contra

Bürokratieabbau auf allen staatlichen und kommunalen Ebenen ist dringend erforderlich, um die Entwicklung unseres Landes voranzubringen

Pro

Deutschland befindet sich inmitten einer riesigen Transformation. Klima- und Digitalisierungsziele, Wohnungsbau, Migration, aber auch Bildung und Fachkräfteentwicklung – all unsere Herausforderungen haben einen maßgeblichen gemeinsamen Hebel: Um als Industrie- und Wirtschaftsstandort wieder an Stärke zu gewinnen und unseren gesellschaftlichen Wohlstand zu erhalten, braucht es deutlich weniger Bürokratie und mehr Tempo.



Volker Müller, © UVN

Angefangen mit sich doppelnden Vorschriften aus der EU, dem Bund und den Bundesländern wie beim Lieferkettengesetz, über nicht zeitgemäße Umweltauflagen und eine wachsende Abgabenlast bis hin zu einem Wildwuchs an Formularen und Nachweispflichten – laut Bericht des Normenkontrollrates ist die Belastung von Bürgern, Wirtschaft und Verwaltung nur durch Bundesrecht von Juli 2022 bis Juni 2023 um weitere rund 54 Prozent gestiegen. Und allein die durch die Steuergesetzgebung verursachte Bürokratie ist laut IW Köln für knapp 45 Prozent der gesamten Bürokratiekosten von Unternehmen verantwortlich.

Hinzu kommen veraltete Verfahrensweisen, die Prozesse verkomplizieren und deutlich in die Länge ziehen. Die entsprechenden Gesetze zur Digitalisierung der Verwaltung haben ihre politisch gesetzten Ziele weit verfehlt. Immer noch müssen für die meisten Anträge und Vorgänge von Unternehmen dutzende von Aktenordnern an Nachweisen per Papier und mehrfach bei verschiedenen Stellen innerhalb der Verwaltung eingereicht werden. Die gewünschte Deutschlandgeschwindigkeit, wie wir sie beim Bau des LNG-Terminals in Wilhelmshaven erlebt haben, ist weiterhin nur eine Ausnahmeerscheinung.

Fest steht, die Bürokratie durch EU, Bund, Bundesländer und Kommunen bremst die Transformation, erstickt unser Wirtschaftswachstum und schreckt Investoren ab. Dabei braucht Deutschland gerade jetzt deutlich mehr private

und öffentliche Investitionen, um seine Transformationsziele zu erreichen und die Wirtschaft anzukurbeln.

Bürokratieentlastungsgesetz (BEG IV), Wachstumschancengesetz, Onlinezugangsgesetz und E-Government-Gesetz auf Bundesebene sowie die niedersächsische Clearingstelle versprechen einen dringend notwendigen Bürokratieabbau – nun muss aber auch endlich die ernsthafte Umsetzung folgen.

Dr. Volker Müller
Hauptgeschäftsführer der Unternehmerverbände
Niedersachsen e. V. (UVN).

Contra



Axel Priebes, © ARL/
Joyce Gosemann

Kann man gegen Bürokratieabbau sein? Da möchte ich erst einmal genau wissen, was abgebaut werden soll. Vor einiger Zeit wurde es als Sieg über die Bürokratie gefeiert, dass »Kleinstgaststätten« keine Gästetoiletten mehr vorhalten müssen. Eltern kleiner Kinder oder Radtouristen, die in einer Bäckerei mit Kaffeeauschank keine Toilette mehr fanden, fanden diese heroische Tat nicht ganz so toll. Aber manche Rufe nach Bürokratieabbau hören sich für mich so an, als werde die Welt mit jeder abgeschafften Rechtsvorschrift besser. Kein positives Wort darüber, dass klare Regeln auch Rechtssicherheit schaffen, was den Standort Deutschland international durchaus attraktiv macht. Auch nicht darüber, dass eine funktionierende Verwaltung eine notwendige Infrastruktur ist, um Chaos und Willkür abzuwehren. Das sieht man in vielen Staaten, in denen die Verwaltung nicht funktioniert und korrupt ist. Oft wird behauptet, dass die Menschen vernünftig seien und wir nicht so viele Vorschriften bräuchten. Passt das zu den Medienberichten, dass nach den pragmatisch angelegten Corona-Hilfen in rund 12.000 Fällen wegen Betrugsverdachts ermittelt wurde?

Aber vielleicht sind wir uns ja sogar einig, dass wir eine gute Verwaltung mit klaren Regeln brauchen. Dann bin ich sofort dabei, über die Dinge zu reden, die Menschen und Unternehmen im Kontakt mit Behörden wirklich nerven – unverständliche Formulare, willkürlich komponierte Textbausteine in Behördenbriefen und fehlende Erklärungen, warum eine Statistik oder eine Vorschrift erforderlich ist. Und natürlich müssen wir darüber reden, warum die Digitalisierung so

Pro & Contra

schleppend umgesetzt wird. Muss jedes Bundesland und jede Kommune wirklich die Software individuell entwickeln? In den nordeuropäischen Staaten haben alle Menschen lebenslang eine Personenkennziffer für alle Kontakte mit öffentlichen Stellen – von der Bibliothek bis zur Steuererklärung. Wobei letztere eigentlich nur gegengezeichnet werden muss, weil das Finanzamt alle Daten schon hat. Und man müsste nicht alle Unterlagen mehrfach vorlegen. Vermutlich wird das in Deutschland wegen des tiefen Misstrauens gegen »den Staat« so nie gehen. Trotzdem müssen Bearbeitungszeiten gestrafft werden. Das geht aber nur mit Personal, das entweder weggespart wurde oder nicht gewonnen werden kann, wenn die öffentliche Verwaltung pauschal diffamiert wird. Deswegen ist ein konsequentes Arbeiten an den Defiziten der öffentlichen Verwaltung notwendig, auch eine ständige Überprüfung, welche Rechtsvorschriften erforderlich sind. Aber bitte mit der nötigen Differenzierung und Wertschätzung!

Prof. Dr. Axel Priebis

Geographisches Institut der Universität Kiel



© Volker Müller | Axel Priebis

Mit dem ALR-Hochschulpreis ausgezeichnete Arbeiten

Die Niedersächsische Akademie Ländlicher Raum (ALR) hat am 15. Januar 2024 erneut Studierende und Promovierende der Universitäten Hannover und Vechta mit dem ALR Hochschulpreis ausgezeichnet. Die Jury vergab für den Durchgang 2023 die mit insgesamt 3.000 Euro Preisgeld dotierten ersten drei Plätze an Arbeiten zur Nachnutzung von Biogasanlagen, zur künftigen Gestaltung des Ahrtals und zum Wassertourismus an der Aller. Weitere fünf Arbeiten erhielten Anerkennungen der Jury.

Der Wettbewerb richtet sich jährlich an Studierende, Absolvent:innen sowie Promovierende unterschiedlicher Fachrichtungen. Mit dem Hochschulpreis werden hervorragende wissenschaftliche Arbeiten ausgezeichnet. Gesucht werden Arbeiten, die junge, innovative und aktuelle Ideen beinhalten. Die Wettbewerbsbeiträge sollen sich kreativ mit den aktuellen und perspektivischen Herausforderungen in ländlichen Städten, Gemeinden und Regionen auseinandersetzen. Die Arbeiten sollen anwendungsorientierte Vorschläge für eine zukunftsfähige Entwicklung niedersächsischer ländlicher Räume aufzeigen, ein zukunftsorientiertes Thema behandeln und etwas in ländlichen Räumen Niedersachsens bewirken können. Falls die Arbeit kein niedersächsisches Beispiel enthält, sollte jedoch die Übertragbarkeit auf Niedersachsen klar dargestellt werden. Einreichungen sind ganzjährig möglich.

Wiebke Osigus, Niedersachsens Regionalministerin und Schirmherrin des Preises, unterstrich die Bedeutung der wissenschaftlichen Beschäftigung mit dem ländlichen Raum. »Niedersachsen besteht als zweitgrößtes deutsches Flächenland überwiegend aus ländlichem Raum. Und dieser steht vor großen Herausforderungen. Ob Hochwasser, Energiewende oder Tourismusmanagement – was die Studierenden hier im Wortsinn ausgezeichnet aufgearbeitet haben, steht in vielen Regionen auf der Tagesordnung. Die Beiträge zeigen, dass wir in Niedersachsen neben einer klugen Regional- und Förderpolitik auch auf kluge Köpfe setzen können«.

»Der Hochschulpreis der Niedersächsischen Akademie Ländlicher Raum entwickelt sich immer mehr zu einem Zugpferd für den Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis über die ländlichen Räume in Niedersachsen«, sagte Dr. Sylvia Herrmann, Juryvorsitzende des ALR Hochschulpreises. In dieser Ausgabe des Neuen Archivs für Niedersachsen lesen Sie Kurzdarstellungen der drei im Jahr 2023 bestplatzierten Arbeiten:

Mit dem ALR-Hochschulpreis ausgezeichnete Arbeiten

- **Erster Platz: Jonas Berndmeyer**, Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung. Titel der Masterarbeit »GIS-basierte Analyse von Nachnutzungsstrategien für Biogasanlagen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff in Niedersachsen«. Die Arbeit beschäftigt sich mit der Transformation des Energiesystems durch grüne Wasserstofftechnologien. Eine fallbezogene Analyse zeigt auf, wie Biogasanlagen effizient für die Produktion erneuerbarer Energien, insbesondere durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen, nachgenutzt werden können.
- **Zweiter Platz: Julia Theis**, Leibniz Universität Hannover, Institut für Landschaftsarchitektur. Titel der Masterarbeit »Changing habitats Ahrtal – strategies for a river valley«. Die Untersuchung beschäftigt sich mit der künftigen Gestaltung von Orten im Ahrtal, die stark vom Hochwasser im Jahr 2021 betroffen waren. Drei Szenarien wurden entwickelt, die von teilweiser bis hin zu vollständiger Umsiedlung reichen. Dabei wurden Aspekte wie Landwirtschaft, Kultur, Landschaftsökologie und Stadtbild betrachtet und die Konsequenzen dieser Szenarien dargestellt. Aufgrund wiederkehrender Hochwasserereignisse könnte die Arbeit auch auf Orte in Niedersachsen – beispielsweise im Harz – übertragbar sein.
- **Dritter Platz: Dr. Steffen Spiegel**, Universität Vechta, Institut für Geografie. Titel der Dissertation »Destinationsbildung und Destination Governance. Eine Modellentwicklung am Beispiel des Wassertourismus an Lahn und Aller«. Die Dissertation beschäftigt sich mit dem Reisezielmanagement für die Lahn, einem größtenteils durch Hessen verlaufenden Rheinnebenfluss. Daraus leitet die Arbeit Richtlinien ab und wendet sie auf den Wassertourismus an der Aller an. Im Verlauf der Untersuchung wurden Modelle erstellt, die den Begriff »Destination Governance« von »Destination Management« abgrenzen.

GIS-basierte Analyse von Nachnutzungsstrategien für Biogasanlagen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff in Niedersachsen

Jonas Berndmeyer

Vielen Biogasanlagen in Niedersachsen droht durch das Auslaufen der EEG-Förderung in den kommenden Jahren die Stilllegung. Die Erweiterung der Biogasanlagen um eine Power-to-Gas-Anlage zur dezentralen Erzeugung von Methan mit Hilfe von grünem Wasserstoff stellt eine potenzielle Nachnutzungsstrategie dar, welche zugleich einen Lösungsansatz für den steigenden Bedarf erneuerbarer Gase im ländlichen Raum darstellt.

Einleitung

Biomasse ist zurzeit nach der Windenergie der wichtigste erneuerbare Energieträger in Niedersachsen und damit zentraler Bestandteil für die Zielerreichung der Klimaneutralität (3N 2023). Für mehr als ein Drittel der Biogasanlagen in Niedersachsen läuft jedoch in den nächsten fünf Jahren die Förderung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus und es droht eine Stilllegung dieser Anlagen (vgl. BNetzA 2023a). Gleichzeitig steigt der Bedarf an erneuerbaren Energieträgern, insbesondere an grünem Wasserstoff und Methan, stark an (dena 2018).

Methodik

Im Rahmen der Arbeit wurde anhand einer Fallstudie eine Nachnutzungsstrategie zur Kopplung einer Biogasanlage mit einer Power-to-Gas-Anlage zur Erzeugung von grünem Methan entwickelt. Anschließend wurde das Potenzial für den Einsatz dieser Technologie für sämtliche Biogasanlagen in Niedersachsen analysiert (vgl. Abb. 1). Eine Grundvoraussetzung für die Erzeugung grüner Gase bildet die Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien. Aus diesem Grund wurde eine GIS-basierte-Analyse durchgeführt, um die Flächenpotenziale für Windenergieanlagen und Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Umkreis der betrachteten Biogasanlagen zu ermitteln.

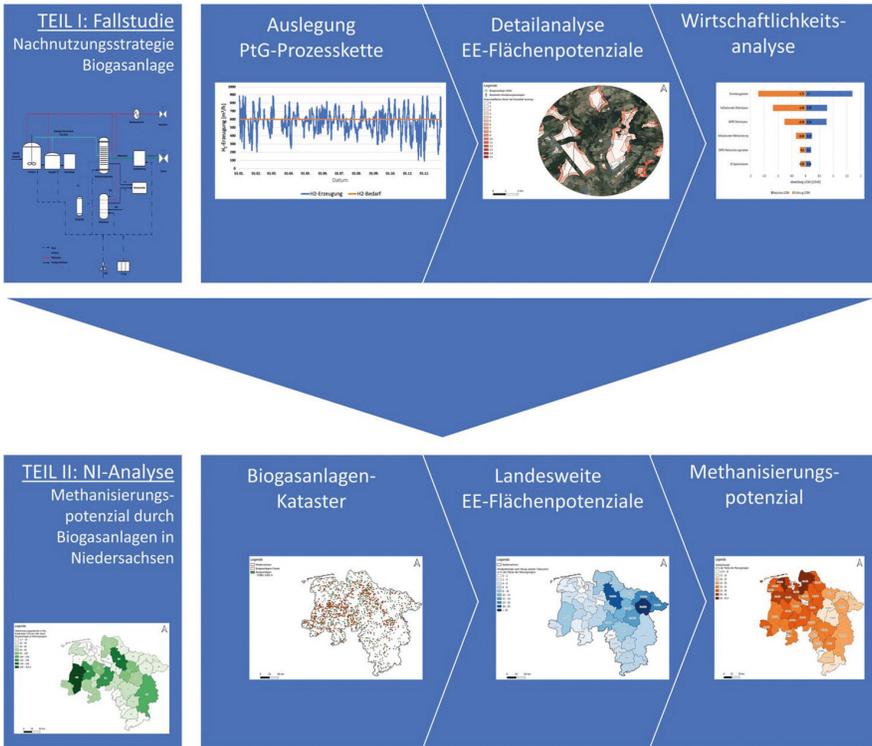


Abb. 1: Methodisches Vorgehen (Eigene Darstellung).

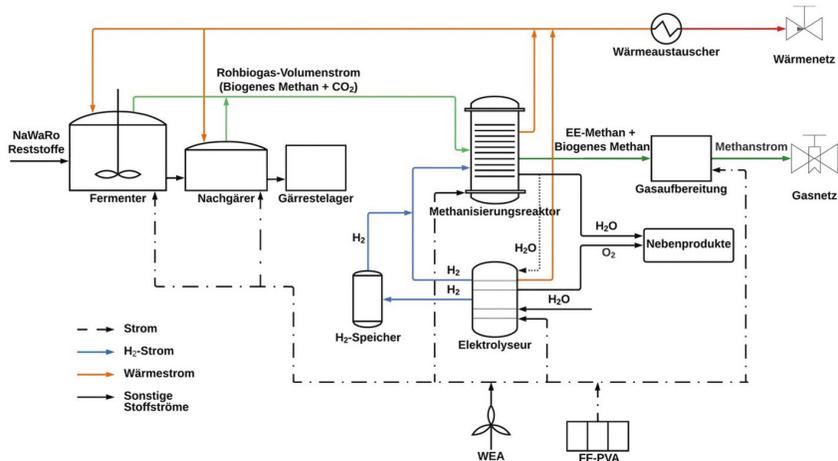


Abb. 2: Schematische Darstellung der dimensionierten PtG-Prozesskette mit Kopplung an eine bestehende Biogasanlage (Eigene Darstellung).

Ergebnisse

Eine potenzielle Nachnutzung von Biogasanlagen stellt die biologische ex-situ Methanisierung dar. Das ungenutzte CO₂ der Biogasanlage, welches bis zu 45 % des Rohbiogases ausmachen kann (Kaltschmitt u. Hartmann 2001), wird dabei mit grünem Wasserstoff aus einem PEM-Elektrolyseur von Mikroorganismen in Methan umgewandelt. Der Elektrolyseur wird mit grünem Strom aus Windenergieanlagen und Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Umkreis der Biogasanlage betrieben (vgl. Abb. 2). Ein Wasserstoffspeicher gleicht die fluktuierende Stromerzeugung aus, sodass das Methan kontinuierlich erzeugt werden kann (vgl. Abb. 3).

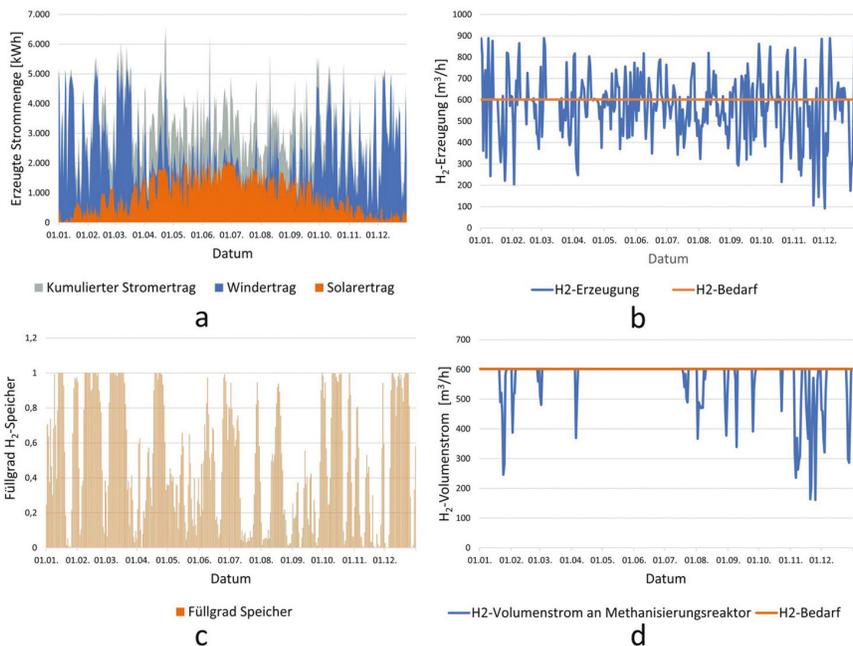


Abb. 3: Simulation am Biogasanlagenstandort a) der Erzeugungsprofile für Wind- und Solarenergie b) der H₂-Erzeugung c) des Füllgrads des H₂-Speichers d) H₂-Verfügbarkeit für die Methanisierung (Eigene Darstellung).

Eine Sensitivitätsanalyse der Wirtschaftlichkeitsfaktoren verdeutlicht die Bedeutung einer kostenoptimierten Wasserstoffherzeugung, da diese den größten Kostenfaktor in der Prozesskette darstellt. Die Wasserstoffgestehungskosten stehen in direktem Zusammenhang mit den Stromgestehungskosten, weshalb eine standortnahe Stromerzeugung entscheidend für die Wirtschaftlichkeit ist. Zudem muss ein geeigneter Absatzmarkt identifiziert werden. Die ermittelten Methangestehungskosten belaufen sich auf ca. 15 ct/kWh.

Mit dem ALR-Hochschulpreis ausgezeichnete Arbeiten

Die niedersachsenweite GIS-basierte Analyse kommt zu dem Ergebnis, dass in der Regel weder die Flächenpotenziale für Windenergieanlagen und Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Umkreis von fünf Kilometern noch die Distanz zum Gasnetz im Umkreis von zehn Kilometern zu den Biogasanlagen ab einer Größe von 250 kW einen limitierenden Faktor für die Methanisierung darstellen (vgl. Abb. 4). In der Regel stehen sogar menschen- und naturverträgliche Potenzialflächen gemäß der Analyse des Instituts für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover für die Errichtung erneuerbarer Energien zur Verfügung. Das Methanisierungspotenzial für Biogasanlagen durch grünen Wasserstoff in Niedersachsen beläuft sich auf ca. 1,4 Mrd. m³ EE-Methan pro Jahr. Dies entspricht ca. 1,6% des jährlichen Erdgasbedarfs Deutschlands (BNetzA 2023b). Zusätzlich wird in den Biogasanlagen weiterhin biogenes Methan erzeugt, welches die produzierte Methanmenge noch einmal verdoppelt.

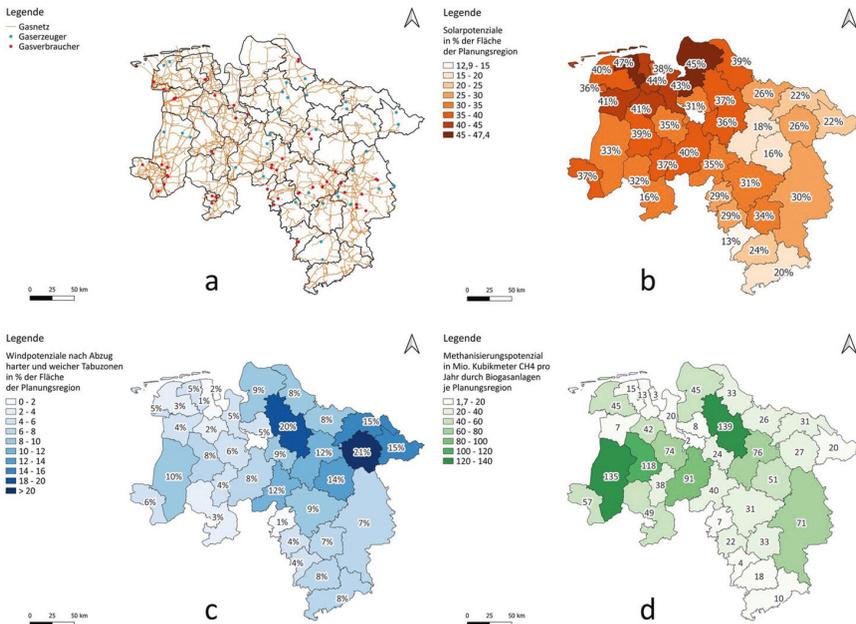


Abb. 4: a) Gasnetz in Niedersachsen; b) Potenzialflächen nach Abzug weicher Tabukriterien für die Windenergie; c) Potenzialflächen nach Abzug der Tabukriterien für die Solarenergie; d) Methanisierungspotenzial aus Biogasanlagen (Eigene Darstellung).

Diskussion und Ausblick

Durch die Kopplung dieser Power-to-Gas-Anlage mit einer Biogasanlage ergeben sich zahlreiche Synergien, insbesondere hinsichtlich der kostenlosen Verfügbarkeit einer biogenen CO₂-Quelle, der Flächenpotenziale erneuerbarer Energien im

Umkreis der Biogasanlage sowie der Prozessführung und -technik unter anderem bei der Abwärmenutzung. Die Kombination von Windenergie- und Freiflächen-Photovoltaikanlagen ermöglicht eine effiziente Auslastung des Elektrolyseurs, welche durch die Integration eines Wasserstoffspeichers in die Prozesskette noch gesteigert werden kann. Die vergleichsweise geringe Komplexität der Power-to-Gas-Anlage erhöht die Wahrscheinlichkeit der Implementierung (Erler et al. 2019), jedoch könnte die entwickelte Nachnutzungsstrategie die Anlagenbetreiber aufgrund der neuen Technologien vor Herausforderungen stellen. Aufgrund der hohen Investitionskosten und des ökonomischen Vorteils von Skalierungseffekten bei der Errichtung von Wind- und Solarparks sollte auch die Möglichkeit eines Zusammenschlusses mehrerer Biogasanlagen bei der Entwicklung konkreter Nachnutzungsstrategien in Betracht gezogen werden. Durch eine Auswertung wurde aufgezeigt, dass sich mehr als ein Drittel aller Biogasanlagen in Niedersachsen im Abstand von unter 1000 Metern zu einer benachbarten Anlage befinden. Eine räumliche Analyse der Biogasanlagen und Flächenpotenziale sollte daher Grundlage für eine entsprechende Nachnutzungsstrategie sein.

Die Technologie ist jedoch noch nicht kommerziell verfügbar und es sind weitere Forschungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit notwendig. Die Nachnutzungsstrategie ist daher ohne eine entsprechende Förderung mit einem ökonomischen Risiko verbunden. Es bedarf daher der Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen und weiterer Pilotprojekte. Als potenzielle Abnehmer kommen unter anderem klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) in Frage. Auch eine Einspeisung in das existierende Erdgasnetz ist möglich. Zusammengefasst bietet der Ausbau der Kapazitäten von dezentralen Power-to-Gas-Anlagen nicht nur ein großes Potenzial für die steigende Nachfrage nach grünen Gasen, sondern kann zudem die massive Stilllegung von Biogasanlagen in den nächsten Jahren verhindern.

Literatur

- Bundesnetzagentur (BNetzA) 2023a: Marktstammdatenregister (MaStR). <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>.
- Bundesnetzagentur (BNetzA) 2023b: Rückblick: Gasversorgung im Jahr 2022. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/Rueckblick/start.html.
- Deutsche Energie-Agentur (dena) 2018: dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050.
- Erler, R.; Schuhmann, E.; Köppel, W.; Bidat, C. (2019): Erweiterte Potenzialstudie zur nachhaltigen Einspeisung von Biomethan unter Berücksichtigung von Power-to-Gas und Clusterung von Biogasanlagen (EE-Methanisierungspotential). Abschlussbericht, DVGW Forschung. DVGW.

Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (Hrsg.) (2001): Energie aus Biomasse. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-07025-3>.
Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e. V. (3N) (2023): Biogas in Niedersachsen – Inventur 2021.

Wiederaufbau in einer Todeszone?

Wie lebt das Ahrtal in Zukunft?

Julia Theis

Der Anlass der Arbeit ist die verheerende Flutkatastrophe 2021 im Ahrtal. Das enge Kerbtal wurde in der Historie mehrfach von sommerlichen Sturzfluten getroffen, welche große Schäden angerichtet und Menschenleben gekostet haben. Bisher gibt es keine Lösung und kein Gesamtkonzept für das Ahrtal – obwohl die Dringlichkeit unbestreitbar ist. Dort setzt die Masterthesis an und entwirft Lösungsvorschläge im Umgang mit der Katastrophe und dient als Case Study für andere Kerbtäler Deutschlands.

Einleitung

Das Ahrtal ist ein schmales Kerbtal, welches im Laufe von Jahrtausenden durch natürliche Erosion geformt wurde (Fisang 1993). Allerdings haben auch menschliche Aktivitäten wie Besiedlung und zunehmende Versiegelung maßgeblich zu seiner Gestaltung beigetragen (Haffke u. Kremer 2016). Heutzutage ist der Fluss im Tal aufgrund von Straßen und Siedlungen so stark eingeeengt, dass er nicht mehr genügend Raum hat, um auf natürliche Weise auf Umweltveränderungen zu reagieren. Insbesondere bei Starkregenereignissen wie einer Sommersturzflut führt dies zu Problemen. Dabei wird die Talsohle in eine Todeszone verwandelt, wenn Wasser unkontrolliert von den Bergen herabströmt und das 50 Kilometer lange, von Mäanderschleifen geprägte Tal durchflutet (Fisang 1993). Die zunehmende Intensität natürlicher Prozesse kollidiert dabei mit einer von Menschen geprägten Kulturlandschaft, die darauf abzielt, die Kräfte der Natur zu beherrschen. Die verheerenden Auswirkungen der Flutkatastrophe im Juli

2021 verdeutlichen jedoch erneut, dass es uns nicht gelingt, diese Kräfte zu kontrollieren (Roggenkamp u. Herget 2015) (Abb. 1).

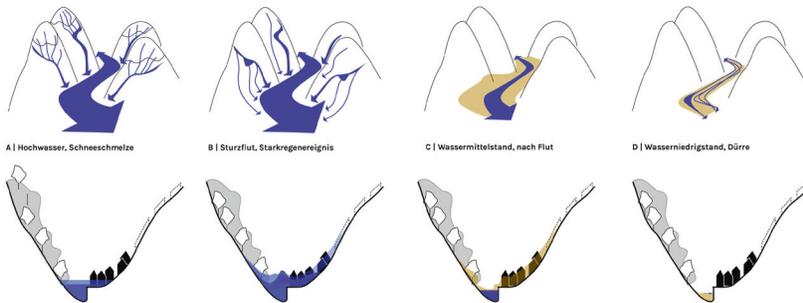
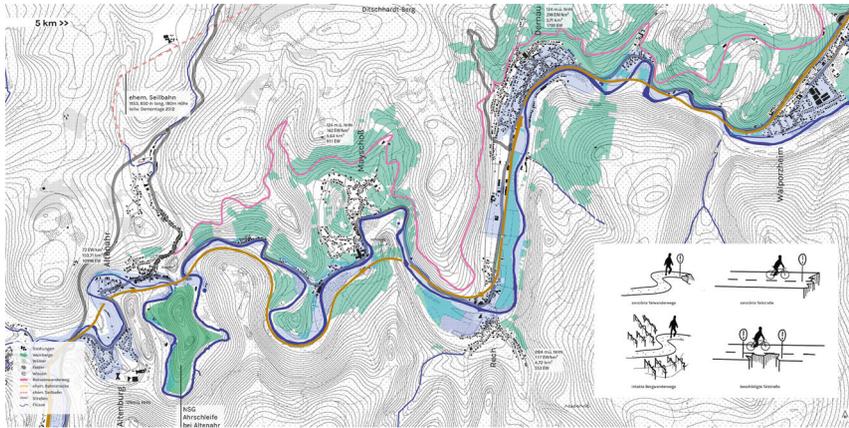


Abb. 5: Sturzflut im Kerbtal (Eigene Darstellung).

Methodik

Um die Situation im Ahrtal im Zuge der Masterthesis zu analysieren, wurden verschiedene Forschungsmethoden angewendet, darunter semi-strukturierte Interviews, Geländebegehungen und Kartierungen. Auf dieser Grundlage wurden Transformationsstrategien entwickelt, die geprägt waren von forschendem Entwerfen, Konzeptmodellbau und Szenarienbildung. Diese Ansätze wurden genutzt, um potenzielle Zukunftsszenarien für das Leben von Mensch, Flora und Fauna im Ahrtal zu erforschen.

Der Wiederaufbau nach der Katastrophe ist derzeit in vollem Gange. Die Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (SGD Nord) hatte als Wasserbehörde im Jahr nach der Flut Pläne für jedes Dorf mit verschiedenen Zonen herausgegeben. Demnach durften von ca. 2000 zerstörten Gebäuden nur 34 nicht wiederauf-

gebaut werden. Des Weiteren sollten unter anderem technische Maßnahmen wie Mauern den Fluss zukünftig von den Dörfern fernhalten und weiter einengen. Die Menschen vor Ort vertrauen auf die geplanten technischen Maßnahmen im Tal. Die emotionale Bindung der Bewohner:innen an ihre Heimat führt zu teilweise irrationalen Reaktionen, beispielsweise zum Wunsch eines Bürgermeisters, sein Haus mit einer eigenen Mauer vor zukünftigen Überschwemmungen zu schützen. Die Recherche und die Analyse zeigen jedoch, dass all diese Maßnahmen im Tal bei einer starken Sturzflut nicht helfen können.

Im Fachbereich der Hydrologie wurden Szenarien diskutiert, die versuchen, die gesamte Ahr und das Tal technisch zu kontrollieren. Diskutiert werden einzelne Auffangbecken in den Hängen, ein oder mehrere große Staubecken im Tal oder sogar eine Tunnelgrabung über viele Kilometer durchs Gebirge bis zum Rhein, wodurch das Wasser im Ernstfall schießen soll. Alle Varianten sind extreme Eingriffe in die Landschaft und das Ökosystem. Sie nehmen das Problem des engen Kerbtals nicht an – stattdessen versuchen sie mit erneuter Versiegelung und Beton Lösungen zu finden. Eine effektive Lösung sollte aber über kurzfristige Notfallmaßnahmen hinausgehen und vor allem verhindern, dass Siedlungen immer wieder an denselben gefährdeten Standorten neu aufgebaut werden. Die Menschen im Tal werden weiterhin in einer Todeszone leben, während sie auf die Hilfe der Region hoffen, und auf technische Maßnahmen vertrauen, die versuchen, die Landschaft als hochdynamischen Raum zu kontrollieren. Aktuell fehlt es an einem Gesamt-Zukunftskonzept, das auf regionaler Ebene agiert.

Ergebnisse

Während der Thesis hat sich herausgestellt, dass eine Umsiedlung der direkt an der Ahr liegenden Dörfer notwendig wäre und unausweichlich geschehen muss, um künftige Katastrophen zu vermeiden. Diese Umsiedlung sollte langfristig dazu führen, dass es im Ahrtal keine dauerhafte Siedlungsstruktur mehr gibt. Am vielversprechendsten ist dafür ein Umsiedlungsprozess, der auf freiwilliger Basis ohne jeglichen Zwang basiert und so auf der freien Entscheidung der Bewohnenden beruht. Diese Erkenntnis deckt sich mit Ergebnissen aus vergleichbaren Fallbeispielen aus Nachbarländern Deutschlands (Akong 2006). Die Entscheidung der Bewohnenden kann und sollte jedoch durch soziale oder politische Einflussfaktoren unterstützt werden. Auf regionalplanerischer Ebene sollte ein Arbeitskreis aus Expert:innen unterschiedlicher Fachgebiete gebildet werden, der diesen Prozess unterstützt und lenkt (Abb. 6).

Am Beispiel des Ortes Dernau wurde ein Konzept entwickelt, das eine Umsiedlungsdynamik über den Berg hinweg (vertikal zum Fluss) mit neuen

INFORMATION/ MITBESTIMMUNG
 Informationspunkte des Informationspunkts. Sie sind außerdem als Anzeigepunkte für die Mitbestimmung und die Abstimmung der Maßnahmen, Mitbestimmung und Beteiligung einbezogen.

P. PLANUNG/ KARTIERUNG
 Die Planung des Stadt des Umwandlungsprozesses. Die Materialien können u. a. beim Umbau der Dächer wiederverwendet werden.

M. MITNAHME
 Die Maßnahmen der Gebäude, aber auch im Freiraum sind von Beginn an in die Differenzierung einbezogen.

R. RÜCKBAU/ RECYCLING
 Die Gebäude der Gebäude, die sich zum Umbau werden. Die Materialien sind in einem Recyclingprozess aufgearbeitet. Mit neuen, klimafreundlichen Materialien in den Differenzierung einbezogen.

TEMP. NEUBAU/ HOLZSTECK-SYSTEME
 Die Gebäude der Gebäude, die sich zum Umbau werden. Die Materialien sind in einem Recyclingprozess aufgearbeitet. Mit neuen, klimafreundlichen Materialien in den Differenzierung einbezogen.

FREIWILLIGE UMSIEDLUNG



NEUE DYNAMIKEN
 Die Gebäude der Gebäude, die sich zum Umbau werden. Die Materialien sind in einem Recyclingprozess aufgearbeitet. Mit neuen, klimafreundlichen Materialien in den Differenzierung einbezogen.

FLORA & FAUNA
 Die Gebäude der Gebäude, die sich zum Umbau werden. Die Materialien sind in einem Recyclingprozess aufgearbeitet. Mit neuen, klimafreundlichen Materialien in den Differenzierung einbezogen.

WASSER
 Die Gebäude der Gebäude, die sich zum Umbau werden. Die Materialien sind in einem Recyclingprozess aufgearbeitet. Mit neuen, klimafreundlichen Materialien in den Differenzierung einbezogen.

MENSCH
 Die Gebäude der Gebäude, die sich zum Umbau werden. Die Materialien sind in einem Recyclingprozess aufgearbeitet. Mit neuen, klimafreundlichen Materialien in den Differenzierung einbezogen.

Abb. 6: Freiwillige Umsiedlung im räumlichen Prozess (Eigene Darstellung).

Abb. 6a
 Ansonnen (Plan 1)
 o.k.f. (D)

Logo

gesellschaftlich-wirtschaftlichen Verbindungen veranschaulicht. Die übergeordneten Ziele sind dabei der Klimaschutz und der Schutz der Bevölkerung.

Die einen Kilometer lange Flussequenz wurde exemplarisch in drei Phasen entworfen. Dabei wurde ein Zielbild entworfen, welches die Talsohle in einer neuen natürlichen Fluss- und Landschaftsdynamik ohne das starre Siedlungsgerüst zeigt. Dabei zeigt das Zielbild die dritte Phase der Umsiedlungsentwicklung und ein behutsames menschliches Erleben des Tals. Die erste Phase zeigt, wie der Umsiedlungsprozess aufgebaut werden kann und welche neuen Qualitäten sowohl in der Talverbindung als auch in der vertikalen Bergverbindung entstehen können. Die zweite Phase zeigt vor allem, wie sich diese Bergverbindung dauerhaft entwickeln kann und wie eine hypothetische Flut die Umsiedlungsdynamik wieder neu anstoßen kann und neue Chancen entstehen können (Abb. 7).

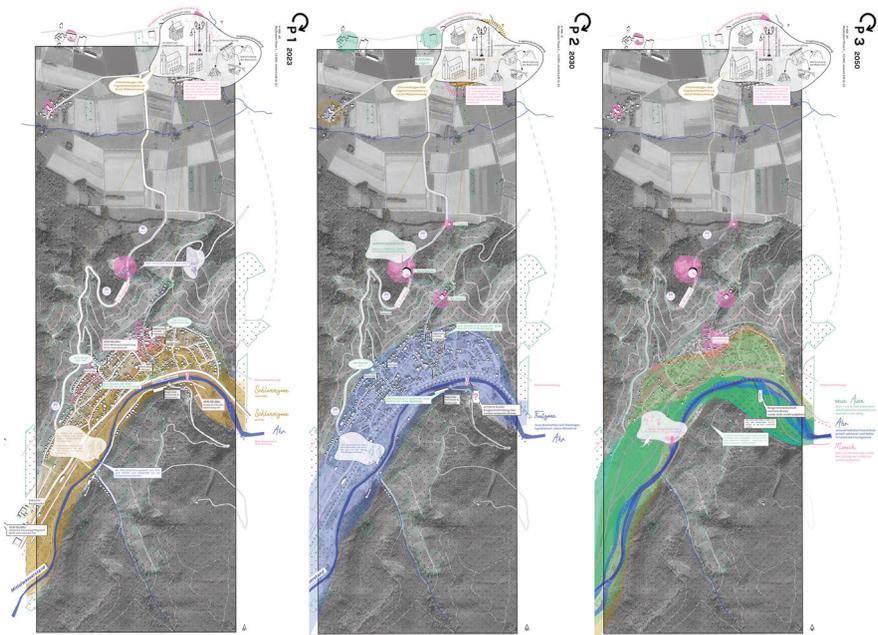


Abb. 7: Mögliche Entwicklungsphasen am Beispielort Dornau (Eigene Darstellung).

Die neue Verbindung – vertikal zum Fluss und den Orten – ist ein wichtiges räumliches, aber auch gesellschaftliches Element, das mit wirtschaftlichen oder ökologischen Schwerpunkten ergänzt wird. In die Talsohle wird der Mensch nur noch temporär zurückkehren. Es entstehen wieder Nebenarme der Ahr, Stillgewässer und Auenlandschaften, die einheimischen Tieren mehr Lebensraum bieten. Der Fluss kann sich wieder dynamisch entwickeln; Naturgewalten auf-

grund beispielsweise stärkerer Auswirkungen der Klimakrise können sich selbst regulieren, ohne Menschen zu gefährden.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit sind nicht auf das Ahrtal beschränkt, sondern können auf ähnliche Regionen übertragen werden, die ein erhöhtes Risiko von Sturzfluten aufweisen. Dieses Risiko besteht in vielen Mittelgebirgen Deutschlands, in denen Kerbtäler existieren. Die Historie zeigt, dass beispielsweise auch im Harz mehrere Flutkatastrophen zu verzeichnen waren. Es wird daher die Dringlichkeit betont, großräumige und gemeinschaftliche Lösungsansätze für diese Gebiete zu entwickeln, um ihre Resilienz gegenüber künftigen Naturkatastrophen zu stärken.

Literatur

- Akong, C.; Barras, L.; Dus, D.; Holmes, J. (2006): Higher ground: an analysis of the range of potential instruments für effective resettlement in flood-prone areas. Hertie School of Governance.
- Fisang, R. (1993): Hydrologische Betrachtung des Naturschutzgebietes »Ahrschleife bei Altenahr«. Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz 16. Oppenheim.
- Haffke, J.; Kremer, B. (2016): Stand und Land vor 200 Jahren. Die Kreise Ahrweiler und Adenau um 1816. Ahrweiler: Heimatjahrbuch Kreis Ahrweiler.
- Roggenkamp, T.; Herget J. (2015): Historische Hochwasser der Ahr. Die Rekonstruktion von Scheitelabflüssen ausgewählter Ahr-Hochwasser. Ahrweiler: Heimatjahrbuch Kreis Ahrweiler.

Destinationsbildung und Destination Governance

Wie wird die Aller zum touristischen Zielgebiet?

Steffen Spiegel

Der Beitrag beleuchtet die Potenziale des Tourismus an der Aller und schlägt Handlungsempfehlungen vor. Die Region weist bisher nur geringe touristische Aktivität auf. Trotz des Aller-Radwegs gibt es Defizite in der Vermarktung und Netzwerkbildung. Die Einbindung aller Stakeholder des Flusses in eine potenzielle Destinationsbildung sollte auf bestehenden Netzwerken aufbauen.

Einleitung

Die Aller entspringt in Sachsen-Anhalt und mündet nach 263 Kilometern bei Verden in Niedersachsen in die Weser. Der Tourismus entlang des Flusses ist bislang nur schwach ausgeprägt. Auf Basis des Beispiels »Lahn«, deren gesamter Flusslauf von drei Bundesländern unter der Marke »Das Lahntal« touristisch vermarktet wird, entwickelte der Autor ein Modell zur Bildung touristischer Zielgebiete und wendete dieses auf die Aller-Region mit dem Ziel an, Handlungsempfehlungen abzuleiten für die Entwicklung einer »Destination Aller«. Der folgende Beitrag gibt einen kurzen Abriss der zugrundeliegenden theoretischen Überlegungen und fasst anschließend die wichtigsten Erkenntnisse für die touristische Praxis vor Ort zusammen.

Destinationsbildung aus der Perspektive der Destination Governance

Touristische Zielgebiete werden als Destinationen bezeichnet. Die räumliche Abgrenzung obliegt dabei dem Reisenden, der diese je nach Fortbewegungsmittel, Dauer und Zweck des Aufenthalts anders wahrnimmt. Die Destination Management Organisation (DMO) koordiniert das touristische Gesamtprodukt und dessen Vermarktung (Bieger u. Beritelli 2013). Akteure innerhalb einer Destination erstellen gemeinsam das touristische Produkt, trotz häufig divergierender spezifischer Interessen. Destination Governance umfasst organische Strukturen, Netzwerke und Normen. Der Fokus liegt auf der Balance von Führung und Kontrolle, Konfliktreduktion, Förderung der Stakeholder-Motivation und Verbesserung der Lebensqualität der lokalen Bevölkerung. Die Governance nimmt eine hybride Form an, die kooperative und konsensbasierte Ansätze für gemeinsame Strukturen vereint. Die DMO spielt dabei eine zentrale Rolle, indem sie Akteure koordiniert, um langfristige Wettbewerbsfähigkeit und Lebensqualität zu sichern (Moretti 2017; Fuchs 2013; Pechlaner u. Volgger 2013).

Das Modell der Destinationsbildung aus der Perspektive der Destination Governance umfasst sieben aufeinander aufbauende Elemente (Abb. 8), darunter den Impuls durch Persönlichkeiten aus Wirtschaft oder Politik, die Bündelung bestehender Netzwerke, die Bereitschaft zur Kooperation sowie den Aufbau einer Dachmarke. Die kooperative Erarbeitung des Destination Governance-Arrangements und dessen Einbettung in die Regional Governance sind entscheidende Schritte für eine erfolgreiche Etablierung am Markt. Es ist wichtig, dass das Governance-Arrangement flexibel bleibt und sich den sich verändernden Rahmenbedingungen anpasst (Spiegel 2022).

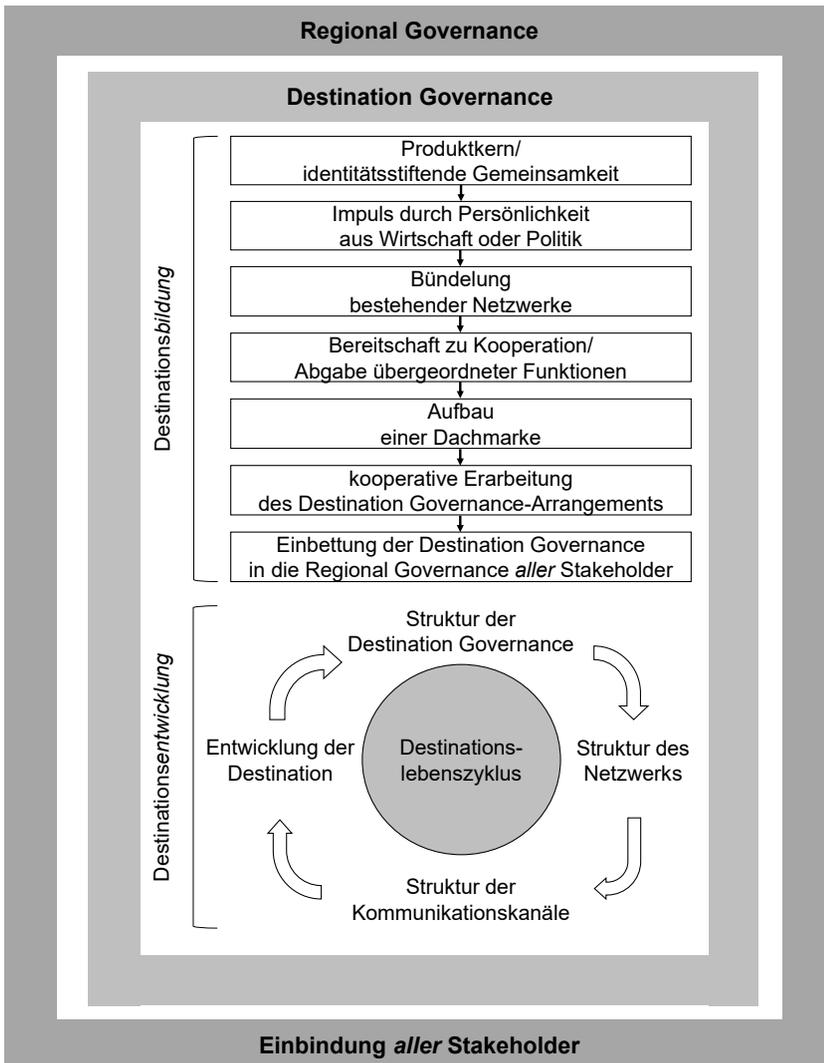


Abb. 8: Modell der Destinationsbildung aus der Perspektive der Destination Governance. (Spiegel 2022)

Die Aller

Auf ihrem Weg durch zwei Bundesländer tangiert die Aller Städte wie Oebisfelde, Wolfsburg, Gifhorn und Celle. Dabei ist sie nur selten integrativer Teil des Stadtbildes (Abb. 9). Unterhalb von Celle wird der Flusslauf durch vier Wehranlagen aufgestaut; ab hier ist sie auf ca. 120 Kilometern für Sportboote schiffbar und als Bundeswasserstraße ausgewiesen. Nach der geplanten Neukategorisierung durch das Bundesverkehrsministerium wird die Aller als »naturnahe

Mit dem ALR-Hochschulpreis ausgezeichnete Arbeiten

Wasserstraße« geführt, was bedeutet, dass nur nicht-motorisierte Fahrzeuge sie befahren dürfen. Die Wehre und Schleusen sind rund 100 Jahre alt und könnten bei größerem Investitionsbedarf außer Betrieb genommen werden (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2021).

Ökologisch betrachtet zeigt sich die Aller als recht natürlicher Fluss, was Tourismus fördert. Dennoch haben menschliche Eingriffe wie die Begradigung und der Bau von Deichen die Gewässerstruktur und die Auen deutlich verändert. Renaturierungsmaßnahmen wie »Aller Vielfalt« wurden gestartet, um den Flusslauf und seine Auen zu revitalisieren. Trotz dieser Bemühungen bleibt die Zukunft der Wasserstraße unsicher (Naturschutzbund Deutschland e. V. o. J.a).



Abb. 9: Die Aller am Rande der Verdener Altstadt (Foto: Autor).

Tourismus entlang der Aller

Die vielfältigen Untersuchungen des Autors ergeben ein deutliches Bild: Die Aller als Urlaubsregion weist lediglich eine geringe bundesweite Bekanntheit auf. Stärken sind die Natürlichkeit und die Ruhe am Fluss, auch das historische Erscheinungsbild mancher Orte der Region. Es fehlt jedoch an touristischer Infrastruktur, Übernachtungsmöglichkeiten erreichen nur geringe Auslastung. Der Aller-Radweg verläuft nur selten direkt am Fluss, ein eigener Wanderweg fehlt. Professionelles Marketing entlang des gesamten Flusslaufs existiert nur

für den Aller-Radweg. Streckenweise wird die Aller als Subdestination der Lüneburger Heide vermarktet, obwohl keine Heidelandschaft vorhanden ist. Finanzielle und personelle Ressourcen sind begrenzt, Doppelstrukturen führen zu Ineffizienz, sodass die Marketingaktivitäten behindert werden.

Das einzig etablierte Netzwerk entlang des *gesamten* Flusslaufs steht im Bezug zur Vermarktung des Aller-Radwegs. Allerdings wird bei näherer Betrachtung deutlich, dass eine Vernetzung zwischen Akteuren aus den beiden beteiligten Bundesländern, Sachsen-Anhalt und Niedersachsen quasi nicht existiert (Abb. 10). In Sachsen-Anhalt gibt es nur lose Netzwerke, in Niedersachsen weisen diese eine deutlich stärkere Ausprägung auf. Die DMOs sind untereinander vernetzt, aber die Einbindung der Leistungsträger in dieses DMO-Netzwerk fehlt häufig, ebenso die horizontale Vernetzung parallel zum Fluss.

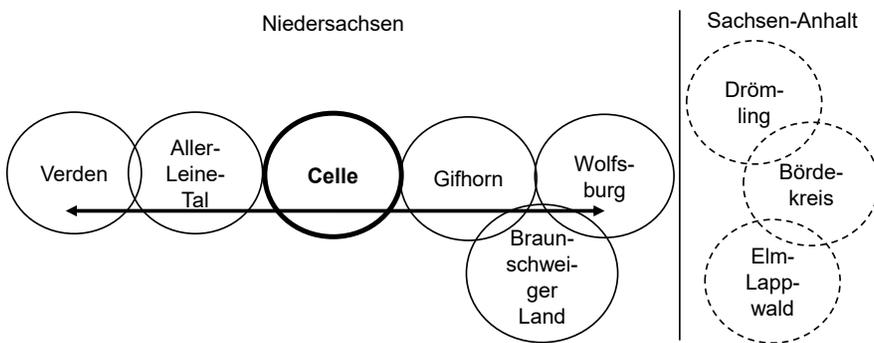


Abb. 10: Netzwerkcluster entlang der Aller (Spiegel 2022).

Eine Ausnahme bildet das Aller Akteursforum, 2015 auf Initiative des NABU gegründet. Es dient als Informations- und Diskussionsplattform für die Flussabschnitte im Mittel- und Unterlauf in den Landkreisen Celle, Heidekreis und Verden. Ziel des Forums ist die ökologische Verbesserung von Fluss und Aue durch eine breite Kooperation, wobei alle Stakeholder eingeladen sind, an einem offenen Prozess teilzunehmen. Obwohl das Forum touristische Aspekte diskutiert, ist auffällig, dass keiner der beteiligten Akteure einen explizit touristischen Hintergrund aufweist. Das letzte Treffen dieses vielversprechenden Formats fand 2019 statt (Naturschutzbund Deutschland e. V. o. J.b).

Die schwankenden Pegel des Flusses behindern den Bootstourismus, jedoch gibt es Potenzial für muskelbetriebenen Wassersport. Die Aller wird nicht als eigene Destination wahrgenommen, sie besitzt jedoch Potenzial für Kurz- und Zusatzurlaube. Trends wie Nachhaltigkeit und Kurzurlaube bieten Chancen, während die Urbanisierung und marode Schleusen Risiken darstellen.

Handlungsempfehlungen

Die erarbeiteten Handlungsempfehlungen basieren auf dem Modell der Destinationsbildung aus der Perspektive der Destination Governance (vgl. Abschnitt 2). Dabei steht der Aller-Radweg im Mittelpunkt der potenziellen Entwicklung von Angeboten und touristischen Netzwerken. Es wird vorgeschlagen, sämtliche Stakeholder entlang des Flusses in die Weiterentwicklung des Aller-Akteursforums zu integrieren. Dieses soll als Institution der Regional Governance auf den gesamten Flusslauf ausgedehnt werden. Dadurch würde die Governance der Destination Aller in das erweiterte Konstrukt eingebettet werden.

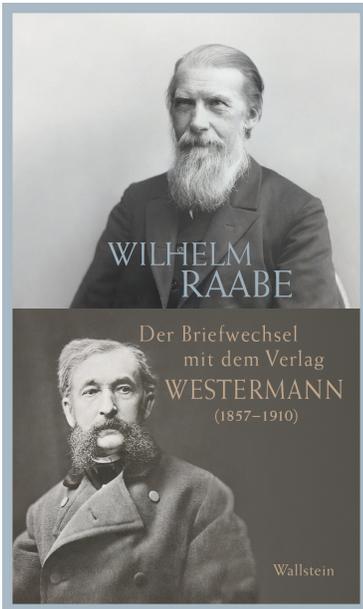
Literatur

- Bieger, T.; Beritelli, P. (2013): Management von Destinationen. 8., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Oldenbourg Verlag, München.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2021): Masterplan Freizeitschiffahrt. Berlin. https://masterplan-freizeitschiffahrt.bund.de/downloads/publications/0/Masterplan%20Freizeitschiffahrt_barrierefrei.pdf. Zugegriffen: 04.01.2022.
- Fuchs, O. (2013): Destination Governance als Element strategischer Tourismusedwicklung. In: Saretzki, A.; Wöhler K. (Hrsg.): Governance von Destinationen. Neue Ansätze für die erfolgreiche Steuerung touristischer Zielgebiete. Erich Schmidt Verlag, Berlin. 81–101.
- Moretti, A. (2017): The network organization. A governance perspective on structure, dynamics and performance. Cham: Palgrave Macmillan.
- Naturschutzbund Deutschland e. V. (Hrsg.) (o. J.a): Projekt Aller-Vielfalt. <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/fluesse/aller/22128.html>. Zugegriffen: 02.02.2024.
- Naturschutzbund Deutschland e. V. (o. J.b): Die Aller. Berlin. <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/fluesse/aller/index.html>. Zugegriffen: 02.02.2024.
- Pechlaner, H.; Volgger, M. (2013): Towards a comprehensive view of tourism governance: relationships between the corporate governance of tourism service firms and territorial governance. In: International Journal of Globalisation and Small Businesses 5 (1/2), S. 3–19. DOI: 10.1504/IJGSB.2013.050484.
- Spiegel, S. (2022): Destinationsbildung und Destination Governance. Eine Modellentwicklung am Beispiel des Wassertourismus an Lahn und Aller. Springer VS, Wiesbaden.

Der Dichter und der Verlag des Landes Braunschweig

Anne Petersen (Hrsg.) (2023): Wilhelm Raabe. Der Briefwechsel mit dem Verlag Westermann (1857–1910). 532 S., 11 Abb., geb., Schutzumschlag. Wallstein Verlag, Göttingen. 36 Euro, ISBN 978-3-8353-5292-6.

Hansjörg Küster



Bereits in jungen Jahren war Wilhelm Raabe Mitarbeiter der »Illustrierten Deutschen Monatshefte« des Westermann Verlags in Braunschweig geworden. »Storm und Raabe sind zwei ihrer größten Sterne. Letzterer entstand mit und durch sie«, erinnerte sich Adolf Glaser, jahrzehntelang Redaktionsleiter der Monatshefte. Er schrieb viele Briefe im Namen des Verlags an den Dichter, der zugleich sein Freund war. Wilhelm Raabe als freier Schriftsteller und George Westermann als Verleger mussten beide nicht nur auf literarische Qualität, sondern auch auf finanzielle Aspekte bedacht sein. Adolf Glaser hatte eine Vermittlerposition zwischen den beiden Brief- und Geschäftspartnern, war oft auch eine Art Puffer zwischen ihnen.

Nur ein Teil der Briefe des Austauschs zwischen Autor und Verlag ist erhalten geblieben. Aber der Ablauf des Briefwechsels ist im Buch komplett dargestellt; die dazu notwendigen Unterlagen sind unter anderem dem penibel geführten Tagebuch Wilhelms Raabes zu entnehmen, der Versendung und Empfang von Briefen teilweise sogar mit Nennung eines Stichwortes zum Inhalt dokumentierte.

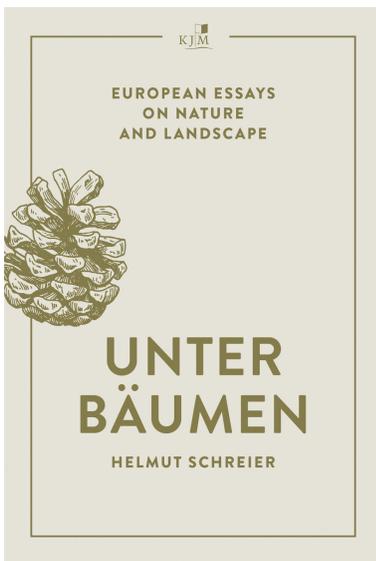
Der Briefband ist sorgfältig ediert und mit einem ausführlichen Anhang versehen. Aber er ist auch eine packende und amüsante Lektüre, bei der man interessante Einblicke in die Entstehung von »Abu Telfan«, »Der Hungerpastor«, »Die Chronik der Sperlingsgasse«, »Der Schüdderump«, »Wunnigel« und vielen anderen Werken Raabes erhält. Die Werke erschienen zunächst in Fortsetzungen in den Monatsheften und dann in einer separaten Buchausgabe. Man staunt über

den enormen Umfang des schriftstellerischen Werkes und fragt sich, wie Raabe zusätzlich die Zeit für umfangreiche Korrespondenzen und Tagebucheinträge fand.

Individuelles und Generelles zu Wäldern und Bäumen

Helmut Schreier (2023): *Unter Bäumen. European Essays on Nature and Landscape*. 140 S., Hardcover, zahlreiche Abbildungen. KJM Verlag, Hamburg. 20,00 Euro. ISBN: 978-3-96194-204-6.

Hansjörg Küster



»Sonnenlicht fällt durch die Lücken im Laubdach und wirft ein Muster aus Flecken und Punkten auf die Wegdecke. Vor meinem Fahrrad entrollt sich das Bilderband, übersät mit Sonnensprossen in allen möglichen Größen und Formen«, so leitet Helmut Schreier in sein Essay-Buch ein und lenkt den Blick seiner Leser unter die Bäume, an den Waldboden. Schreier lässt sich seit Jahrzehnten von Wäldern inspirieren – wie und zu welchen Themen, das zeigt er am Beispiel von sehr bekannten Wäldern im Wendland und dessen Umgebung: etwa dem Gartower Forst, einem auf Sand stehenden Kiefernwald, der von einer viele Kilometer langen schnurgeraden Straße durchzogen wird,

dem Elbholz, einem herrlichen Auwald, der Gührde, dem traditionsreichen Jagdgebiet und anderen. Er porträtiert sie, stellt also ihre Pflanzen und Tiere, auch deren Böden dar und geht auf ihre Geschichte ein, die immer Auswirkungen auf das aktuelle Erscheinungsbild der Wälder hat. Es geht um die Eiszeit, Stürme und Waldbrände, auch eine Schlacht, die in der Gührde tobte.

Immer wieder kommt der Autor auf die Symbiose zwischen Bäumen und Pilzen zu sprechen, die die interessante Frage nach sich zieht, ob Baum und Pilz insgesamt einen einzigen Organismus ausbilden oder doch zwei separate Lebe-

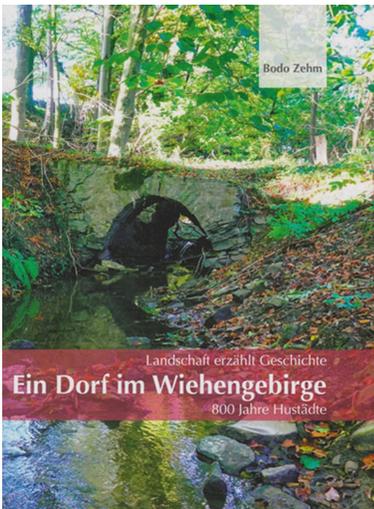
wesen sind. Auf jeden Fall besteht eine intensive Interaktion zwischen diesen beiden Gruppen von Organismen. Wie lassen sich diese Symbiose und das Miteinander von Menschen vergleichen?

Der Band erschien gemeinsam mit zwei weiteren Büchern einer neuen Reihe von Essays über Natur und Landschaft, die der Heide und dem Strand gewidmet sind. Sie eignen sich als Türöffner zum Verständnis für Landschaften und Ökologie – und sind zudem auch schöne Geschenkbücher.

Eine ungewöhnliche Ortschronik

Bodo Zehm (2022): Landschaft erzählt Geschichte: Ein Dorf im Wiehengebirge. 800 Jahre Hustädte. 196 S., gbd., zahlreiche Abbildungen. Isensee Verlag, Oldenburg. 19,50 Euro. ISBN/EAN: 978-3-7308-1917-3

Hansjörg Küster



Ein Dorf wird 800 Jahre alt. Das weiß man, aber es gibt sonst nicht sehr viele schriftliche Quellen über das Dorf Hustädte. Sie würden allerdings auch kaum etwas verraten über das Leben von Bauern, die nicht schreiben konnten. Aber es gibt die Landschaft, in der sie jahrhundertlang ihre Spuren hinterließen. Es entstanden Wege, Felder, Wiesen und Wälder, natürlich auch die Siedlungen, es wurden Gehöfte und Burgen gebaut. Das Land wurde immer wieder umgestaltet, Gewässer wurden umgelenkt, wobei sich eine große Besonderheit des Landes östlich von Osnabrück herausbildete: Zwischen den Flüssen Hase und Elbe ent-

stand eine Bifurkation, eine Teilung von Fließgewässern, die Alexander von Humboldt mit der von ihm entdeckten Bifurkation am Orinoco in Südamerika verglich.

Der Archäologe Bodo Zehm begab sich auf eine intensive Spurensuche nach all diesen Zeugnissen, die sehr viel über die Geschichte Hustädtes zu Tage treten

Rezensionen

lassen. Die Ergebnisse seiner Recherchen sind zahlreiche nicht nur prachtvolle, sondern auch sehr informative Fotografien. Sie werden in dem sehr anschaulichen Text genau erläutert. Historische Fotografien, vor allem aber historische und aktuelle Landkarten sowie LIDAR-Aufnahmen des Geländes werden ergänzend herangezogen. Pläne des Osnabrücker Landes gibt es wohl mehr als in anderen Gegenden, LIDAR-Aufnahmen schaffen völlig neuartige Möglichkeiten, auch die unauffälligsten Spuren des Menschen in der Landschaft sichtbar zu machen.

Herausgekommen ist eine großartige Chronik, die man sich bei der Vorbereitung ähnlicher Publikationen zum Vorbild nehmen kann. Man lernt eindrücklich, welchen Schatz die Landschaft in ihrer natürlichen und vom Menschen veränderten Vielfalt darstellt.



Bibliotheken, Orte der Bildung und der Wissenschaft. Im Bild die Augusteerhalle in der Herzog August Bibliothek in Wolfenbüttel (Foto: HAB).

Hochqualifizierte Beschäftigung in Deutschland

Hans-Ulrich Jung

Die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten ist ein Spiegel der regionalen Wirtschaftsstruktur. Vor allem der Einsatz von Kräften mit Hochschulabschluss ist zu einem wichtigen Wettbewerbsfaktor im innovationsorientierten wirtschaftlichen Strukturwandel geworden und wird angesichts der zukünftigen Herausforderungen weiter erheblich an Bedeutung gewinnen. Der Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss lag 2023 im Bundesdurchschnitt bei 21,1 % (=100). Dabei zeigt die Beschäftigung von hochqualifizierten Kräften aufgrund der Konzentration von Unternehmenszentralen, unternehmensnahen Dienstleistungen sowie Forschungs- und Wissenschaftseinrichtungen ein erhebliches regionales Gefälle von den Großstädten, sonstigen Wirtschaftszentren und Hochschulstandorten zu den ländlichen Räumen. In den wissensintensiveren Regionen sind nicht nur die Entgelte deutlich höher, die Perspektiven der Beschäftigung sind in der Regel längerfristig auch deutlich besser.

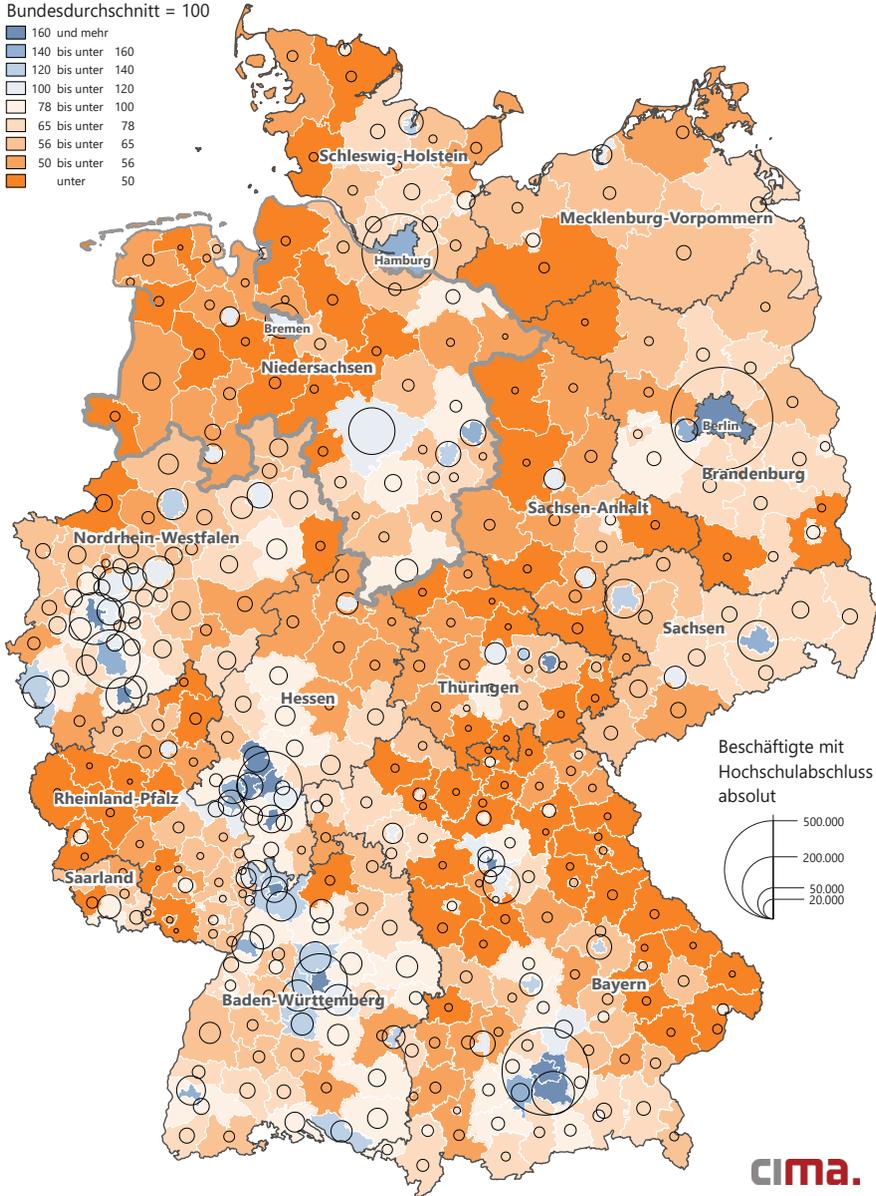
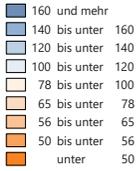
Die Standorte mit den höchsten Anteilen an hochqualifizierten Beschäftigten in Deutschland sind München-Stadt und -Land (215 bzw. 194), Erlangen (195), Frankfurt (187), Darmstadt und Bonn (je 183), Stuttgart (182), Main-Taunus-Kreis (179), Heidelberg und Jena (je 177) sowie der Hochtaunuskreis und Berlin (je 176). Die ersten norddeutschen Städte Wolfsburg und Hamburg (beide 151) belegen unter den 400 bundesdeutschen Kreisen und kreisfreien Städten die Ränge 18 und 19. Es folgt mit Abstand der Wissenschafts- und Forschungsstandort Braunschweig (124) auf Rang 35. Die in der Karte nicht ausgewiesenen (nicht kreisfreien) niedersächsischen Städte Göttingen (137) und Hannover (130) würden dazwischen liegen.

Insgesamt erreicht Niedersachsen mit 16,3 % der Beschäftigten mit Hochschulabschluss (77) nur etwa drei Viertel des Bundesdurchschnitts, knapp vor Rheinland-Pfalz (74) und Schleswig-Holstein (73) und weit abgeschlagen hinter Bayern (104), Baden-Württemberg (106) und vor allem Hessen (120). Die ostdeutschen Flächenländer verzeichnen Werte zwischen Sachsen-Anhalt (68) und Sachsen (94). Untergliedert man das Bundesgebiet zur besseren Vergleichbarkeit in Verdichtungsräume (mit Zentren von 300.000 und mehr Einwohnern), sonstige Stadtregionen (mit Zentren von mindestens 100.000 Einwohnern) sowie Ländliche Räume, so bleiben die norddeutschen Verdichtungsräume Braunschweig/Wolfsburg (110), Hannover (107) und vor allem Bremen (90) mit Ausnahme von Hamburg (124) deutlich hinter den Verdichtungsräumen insgesamt (121) zurück, während vor allem die süddeutschen (142) einen erheblichen Vorsprung haben. Den Durchschnitt der Stadtregionen (93) erreicht der Norden (80) ebenfalls nicht, wäh-

Beschäftigte mit Hochschulabschluss 2023

Anteil an den Beschäftigten insgesamt

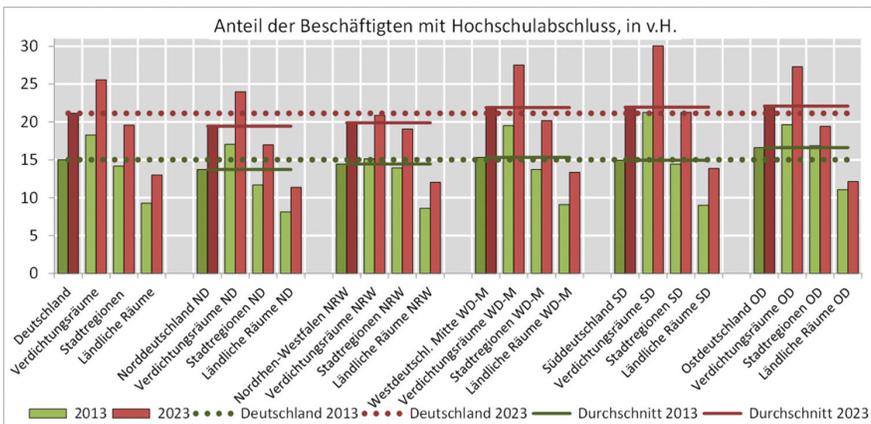
Bundesdurchschnitt = 100



cima.

Quelle: Bundesagentur für Arbeit, Beschäftigtenstatistik; eigene Berechnungen.

rend vor allem die süddeutschen Stadtregionen (101) beträchtlich mehr hochqualifizierte Kräfte beschäftigen. In den ländlichen Räumen insgesamt liegt der Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss (62) erwartungsgemäß deutlich unter dem Bundesdurchschnitt. Aber auch hier hinken die norddeutschen Regionen (54) zumindest leicht hinter den ostdeutschen (57) und den süddeutschen ländlichen Räumen (66) her. Allerdings ist bei den ländlichen Regionen die Bandbreite sowohl im Norden als auch im Süden ausgesprochen breit: Der Anteil reicht in Niedersachsen von der Region Cloppenburg (41) bis Celle (62) und Hameln (66) sowie in Süddeutschland von Freyung (35) bis Konstanz (98) und Friedrichshafen (121).



Der Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss steigt in Deutschland seit vielen Jahren kontinuierlich. Von 2013 bis 2023 ist der Anteil von 15,0 % auf 21,1 % um 6,1 %-Punkte angewachsen. In den Verdichtungsräumen betrug der Zuwachs 7,3, in den Stadtregionen 5,4 und den Ländlichen Räumen lediglich 3,7 %-Punkte. Damit haben die verdichteten Räume im letzten Jahrzehnt deutlich mehr hochqualifiziertes Personal absorbieren können als die Ländlichen Räume und die räumliche Konzentration der wissensintensiven Tätigkeiten ist weiter gestiegen.

Norddeutschland ist im Wettbewerb um hochqualifizierte Kräfte mit einem Anstieg von insgesamt 5,7 %-Punkten und Niedersachsen sogar von nur 4,5 %-Punkten vor allem gegenüber dem Süden mit 7,0 %-Punkten zurückgefallen. Damit ist trotz des kontinuierlichen Zuwachses der Rückstand gegenüber den meisten bundesdeutschen Regionen tendenziell größer geworden. Dies gilt sowohl für die norddeutschen Verdichtungsräume mit Ausnahme von Hamburg als auch die Ländlichen Räume mit Ausnahme von Hameln-Pyrmont, Holzminden, Uelzen und der Wesermarsch.

Nachruf



Prof. Dr. Hansjörg Küster (Foto: NHB)

Mit tiefer Trauer gedenken wir unseres langjährigen WiG-Vorsitzenden Prof. Dr. Hansjörg Küster, der am 26. Februar 2024 im Alter von 67 Jahren verstorben ist. Als Professor für Pflanzenökologie an der Leibniz Universität Hannover (1998 bis 2022) und Präsident des Niedersächsischen Heimatbundes, den er über achtzehn Jahre lang prägte, setzte er sich intensiv für die Erforschung und den Schutz der Landschaften ein. Hansjörg Küster war ein hoch angesehener Wissenschaftler, dessen Forschungsgebiete sich von den Grundlagen der Ökologie bis hin zur Vegetations- und Landschaftsgeschichte erstreckten. Hinzu kam ein besonders ausgeprägtes außeruniversitäres Engagement. Wie kaum einem anderen gelang es Hansjörg Küster, nicht nur die verschiedenen Facetten der Landeskunde zusammenzuführen, sondern sein umfassendes Wissen auch in zahlreichen fesselnden Vorträgen und Publikationen einem breiten Publikum zugänglich zu machen. Seine zahlreichen populärwissenschaftlichen Bücher, die überwiegend beim Beck-Verlag erschienen, erreichten eine große und breite Leserschaft. Posthum erschien im März sein Buch »Das Watt – Wiege des Lebens«. Für sein Wirken als Präsident des Niedersächsischen Heimatbundes erhielt er im Mai 2023 den Niedersächsischen Verdienstorden 1. Klasse.

Auch als langjähriges Mitglied und Vorsitzender der Wissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens (WiG) trug er dazu bei, die regionale Forschung in Niedersachsen voranzutreiben und den interdisziplinären Austausch

Nachruf

zu fördern. Hansjörg Küster setzte sich besonders aktiv für die Erforschung und den Schutz der Landschaften Niedersachsens ein, wodurch er einen bedeutenden Beitrag zur Erhaltung des kulturellen Erbes des Bundeslandes leistete. Darüber hinaus war Hansjörg Küster maßgeblich an der Herausgabe des »Neuen Archivs für Niedersachsen« beteiligt.

Sein Einsatz für die Verbreitung von Wissen über die Region und sein Streben nach einem umfassenden Verständnis von Natur und Kulturlandschaft prägten sein Wirken in der wissenschaftlichen Gemeinschaft und weit darüber hinaus.

Seinen letzten großen öffentlichen Auftritt hatte Hansjörg Küster im Februar 2023 in Hannover. Die Schaumburger Landschaft hatte in Kooperation mit dem Niedersächsischen Heimatbund und mit Unterstützung der VGH Versicherungen und der VGH Stiftung im Rahmen einer festlichen Veranstaltung zur Vorstellung des Buches »Heimaten« eingeladen. Das Buch enthält 28 Texte von Hansjörg Küster und dokumentiert einen Querschnitt seines Schaffens. Nach seiner Lesung erhielt Hansjörg Küster, damals schon an den Rollstuhl gefesselt, den rauschenden Beifall des zahlreich anwesenden Publikums.

Das Vermächtnis von Prof. Dr. Hansjörg Küster wird nicht nur durch seine vielfältige Forschungsarbeit und seine Bücher, sondern auch durch sein Engagement für die WiG und das »Neue Archiv für Niedersachsen« weiterleben. Seine Leidenschaft für die Natur, sein Einsatz für den Erhalt des kulturellen Erbes und sein Beitrag zur regionalen Forschung, aber auch seine Freundlichkeit, Bescheidenheit und Zugewandtheit im persönlichen Kontakt waren vorbildlich und werden unvergessen bleiben.

Prof. Dr. Axel Priebs
Prof. Dr. Jörg Lahner
im Namen der Redaktion des
Neuen Archivs für Niedersachsen



© Axel Priebs | Jörg Lahner

Autorenverzeichnis

Antonia Altendorf, M. A.

Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen (SOFI) e. V.
an der Georg-August-Universität
Friedländer Weg 31, 37085 Göttingen
E-Mail: antonia.altendorf@sofi.uni-goettingen.de

Philipp Bäumle, M. A.

Externer Doktorand
Georg-August-Universität Göttingen,
Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung
Platz der Göttinger Sieben 3, 37073 Göttingen
E-Mail: philipp.baeumle@uni-goettingen.de

Jonas Berndmeyer, M. Sc. Umweltingenieurwesen

An der Strangriede 3, 30167 Hannover
Tel.: 0511/546885 51
E-Mail: Jonas.berndmeyer@nefino.de

Prof. Dr. Kilian Bizer

Georg-August-Universität Göttingen,
Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung
Platz der Göttinger Sieben 3, 37073 Göttingen
E-Mail: bizer@wiwi.uni-goettingen.de

Prof. Dr. Susanne Boll

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Department für Informatik, Medieninformatik und Multimedia-Systeme
Ammerländer Heerstraße 114–118, 26129 Oldenburg
Tel.: 0441/97 22 213
E-Mail: Susanne.Boll@uni-oldenburg.de

Prof. Dr.-Ing. Oliver J. Bott

Hochschule Hannover – University of Applied Sciences and Arts
Fakultät III – Medien, Information und Design
Expo Plaza 12, 30539 Hannover
E-Mail: oliver.bott@hs-hannover.de

Autorenverzeichnis

Prof. Dr. Thomas M. Deserno

Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der TU Braunschweig
und der Medizinischen Hochschule Hannover
E-Mail: Deserno.Thomas@mh-hannover.de

Lars Everding, M. Sc.

Technische Universität Braunschweig
Institut für Konstruktionstechnik
Hermann-Blenk-Straße 42, 38108 Braunschweig
E-Mail: l.everding@tu-braunschweig.de

Dr. Tobias Grimm

OFFIS e. V. – Institut für Informatik
Bereich Energie
Escherweg 2, 26121 Oldenburg
E-Mail: tobias.grimm@offis.de

Lukas Häfner

Leibniz Universität Hannover
Institut für Wirtschafts- und Kulturgeographie
Schneiderberg 50, 30167 Hannover
E-Mail: haefner@wigeo.uni-hannover.de

Torben Hegerhorst, M. Sc.

Technische Universität Braunschweig
Institut für Fahrzeugtechnik
Hermann-Blenk-Straße 42, 38108 Braunschweig
E-Mail: t.hegerhorst@tu-braunschweig.de

Prof. Dr.-Ing. Roman Henze

Technische Universität Braunschweig
Institut für Fahrzeugtechnik
Hermann-Blenk-Straße 42, 38108 Braunschweig
E-Mail: r.henze@tu-braunschweig.de

Dr. Wilko Heuten

OFFIS e. V. – Institut für Informatik
Bereich Gesellschaft, FuE-Gruppe Mixed Reality
Escherweg 2, 26121 Oldenburg
Tel.: 0441/9722 171
E-Mail: wilko.heuten@offis.de

Prof. Dr. Ursula Hübner

Universität Osnabrück
Forschungsgruppe Informatik im Gesundheitswesen
Albrechtsstraße 30, 49076 Osnabrück
E-Mail: U.Huebner@hs-osnabrueck.de

M. Sc. Jannike Illing

OFFIS e. V. – Institut für Informatik,
Bereich Gesellschaft, FuE-Gruppe Mixed Reality
Escherweg 2, 26121 Oldenburg
Tel.: 0441/9722 403
E-Mail: jannike.illing@offis.de

Prof. Dr. Hans-Ulrich Jung

Birkenweg 5, 30989 Gehrden
Mobil: 0177 841 66 18
E-Mail: hans-ulrich.jung@gmx.de

Prof. Dr. Frauke Koppelin

Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth
Fachbereich Bauwesen Geoinformation Gesundheitstechnologie
Abteilung Technik und Gesundheit für Menschen
E-Mail: frauke.koppelin@jade-hs.de

Prof. Dr. Dagmar Krefting

Universitätsmedizin Göttingen
Institut für Medizinische Informatik
Robert-Koch-Straße 40, 37075 Göttingen
E-Mail: dagmar.krefting@med.uni-goettingen.de

Louisa Krüger, M. A.

Technische Universität Braunschweig
Institut für Konstruktionstechnik
Hermann-Blenk-Straße 42, 38108 Braunschweig
E-Mail: louisa.krueger@tu-braunschweig.de

Prof. Dr. Hansjörg Küster †

Universität Hannover
Institut für Geobotanik

Autorenverzeichnis

Dr. Martin Kuhlmann

Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen (SOFI) e. V.
an der Georg-August-Universität
Friedländer Weg 31, 37085 Göttingen
E-Mail: martin.kuhlmann@sofi.uni-goettingen.de

Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff

OFFIS e. V. – Institut für Informatik
Escherweg 2, 26121 Oldenburg
E-Mail: lehnhoff@offis.de

Dr. (des.) Melanie Malczok

Hochschule Osnabrück
Institut für Kommunikationsmanagement
Kaiserstraße 10c, 49809 Lingen (Ems)
E-Mail: m.malczok@hs-osnabrueck.de

Prof. Dr. Michael Marschollek

Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der TU Braunschweig
und der Medizinischen Hochschule Hannover
E-Mail: michael.marschollek@plri.de

Dr. Volker Müller

Unternehmerverbände Niedersachsen e. V.
(UVN Hauptgeschäftsführer)
Schiffgraben 36, 30175 Hannover
E-Mail: uvn@uvn.digital

Laura Niemann, M. Sc.

OFFIS e. V. – Institut für Informatik
Bereich Energie
Escherweg 2, 26121 Oldenburg
E-Mail: laura.niemann@offis.de

Prof. Dr.-Ing. Astrid Nieße

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Digitalisierte Energiesysteme | Fk. II – Department für Informatik
Ammerländer Heerstraße 114–118, 26129 Oldenburg
E-Mail: astrid.niesse@uol.de

Bart Jan de Noord

aQua

Institut für angewandte Qualitätsförderung und Forschung
im Gesundheitswesen GmbH

Maschmühlenweg 8–10, 37073 Göttingen

E-Mail: BartJan.deNoord@Aqua-Institut.de

Prof. Dr. Axel Prieb

Geographisches Institut der Universität Kiel

24098 Kiel

Mobil: 0178/691 75 38

E-Mail: prieb@geographie.uni-kiel.de

Dr. Christian Raulf

Volkswagen AG

Volkswagen Commercial Vehicles

Prof. Dr. Bodo Rosenhahn

Leibniz Universität Hannover

Institut für Informationsverarbeitung

Email: rosenhahn@tnt.uni-hannover.de

Prof. Dr. rer. nat. Christoph Rußmann

Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst

Hildesheim/Holzminden/Göttingen

Fakultät Ingenieurwissenschaften und Gesundheit

Gesundheitscampus Göttingen

E-Mail: christoph.russmann@hawk.de

Prof. Dr. Steffen Spiegel

Professur für Tourismusmanagement

IU Internationale Hochschule, Campus Bremen

Senator-Apelt-Straße 51, 28197 Bremen

Tel.: 0174/977 98 55

E-Mail: steffen.spiegel@iu.org

Prof. Dr. Rolf Sternberg

Leibniz Universität Hannover

Institut für Wirtschafts- und Kulturgeographie

Schneiderberg 50, 30167 Hannover

E-Mail: sternberg@wigeo.uni-hannover.de

Autorenverzeichnis

Julia Theis

Architektin und Stadtplanerin

Mitbegründerin von arc.lab (Bergner Dinse Theis –

Architektinnen Landschaftsarchitektin Stadtplanerin PartG mbB)

Im Mooe 45, 30167 Hannover

Tel.: 0157/86 76 16 98

E-Mail: theis@arcpunktlab.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor

Technische Universität Braunschweig

Institut für Konstruktionstechnik

Hermann-Blenk-Straße 42, 38108 Braunschweig

E-Mail: t.vietor@tu-braunschweig.de

Prof. Dr. Ramin Yahyapour

Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen (GWDG)

E-Mail: ramin.yahyapour@gwdg.de

Redaktion

Dr. Arno Brandt

Regionalberatung
Am Speicher 17, 21337 Lüneburg
Mobil: 0152/29 89 78 99
E-Mail: dr.arno.brandt@mailbox.org

Prof. Dr. Roland Czada

Universität Osnabrück
Seminarstraße 33, 49069 Osnabrück
E-Mail: roland.czada@uni-osnabrueck.de

Prof. Dr. Rainer Danielzyk

Leibniz Universität
Institut für Umweltplanung
Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover
E-Mail: danielzyk@umwelt.uni-hannover.de

Prof. Dr. Hans-Ulrich Jung

Birkenweg 5, 30989 Gehrden
Mobil: 0177/841 66 18
E-Mail: hans-ulrich.jung@gmx.de

Prof. Dr. Hansjörg Küster †

Universität Hannover
Institut für Geobotanik

Prof. Dr. Jörg Lahner

Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst
Hildesheim/Holzminden/Göttingen
Büsgenweg 1a, 37077 Göttingen
E-Mail: joerg.lahner@hawk.de

Prof. Dr. Ingo Mose

Universität Oldenburg
Carl-von-Ossietzky-Straße 9–11, 26129 Oldenburg
E-Mail: ingo.mose@uni-oldenburg.de

Redaktion

Prof. Dr. Axel Prieb

Geographisches Institut der Universität Kiel

24098 Kiel

Mobil: 0178/691 75 38

E-Mail: prieb@geographie.uni-kiel.de

Alexander Skubowius

Region Hannover

Fachbereich Wirtschafts- und Beschäftigungsförderung

Haus der Wirtschaftsförderung

Vahrenwalder Straße 7, 30165 Hannover

Tel.: 0511/6162354

E-Mail: alexander.skubowius@region-hannover.de

Dr. Nadja Wischmeyer

TU Clausthal

Leibnizstraße 2, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 05323/72 31 35

Mobil: 0172/405 52 33

E-Mail: nadja.wischmeyer@tu-clausthal.de

Lektorat

Ute Christina Bauer

Pressebüro Transit

Gontermannstraße 38, 12101 Berlin

Mobil: 0160/155 52 74

E-Mail: ubauer@pressebuero-transit.de

Impressum

Verantwortlich für die Ausgabe: Dr. Arno Brandt

Herausgegeben von der Wissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens e. V., Rotenburger Str. 21, 20659 Hannover, Tel.: 0511 353377 0

Redaktion: Dr. Arno Brandt (Lüneburg), Prof. Dr. Roland Czada (Osnabrück), Prof. Dr. Rainer Danielzyk (Hannover), Prof. Dr. Hans-Ulrich Jung (Hannover), Prof. Dr. Jörg Lahner (Göttingen), Prof. Dr. Ingo Mose (Oldenburg), Prof. Dr. Axel Prieps (Kiel), Alexander Skubowius (Hannover), Dr. Anja Wischmeyer (Clausthal-Zellerfeld)

Gefördert aus Mitteln des Landes Niedersachsen



Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur

Verlag und Gesamtverantwortung für Druck und Herstellung: Georg Olms Verlag in der Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Postfach 100 310, 76484 Baden-Baden, Tel.: 07221 2104 280, Fax: 07221 2104 285, E-Mail: zeitschriften@nomos.de

Titelbild: Leibniz-Rechenmaschine. Mit freundlicher Genehmigung dem Buch von Ariane Walsdorf entnommen: Die Leibniz-Rechenmaschine. Die Erfindungsgeschichte der dezimalen Vier-Spezies-Rechenmaschine von Gottfried Wilhelm Leibniz in Paris. »Projet de la machine d'Arithmétique«. Papierflieger Verlag GmbH, Clausthal-Zellerfeld 2020.

Urheber- und Verlagsrechte: Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz oder der Creative-Commons-Lizenz, unter der die Veröffentlichung erfolgt, zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Autorinnen und Autoren. Mit der Annahme der Veröffentlichung erwirbt der Verlag von den Autorinnen und Autoren alle Rechte, insbesondere auch das einfache Recht der weiteren Vervielfältigung zu gewerblichen Zwecken im Wege des fotomechanischen oder eines anderen Verfahrens. Der Nomos Verlag beachtet die Regeln des Börsenvereins des Deutschen Buchhandels e. V. zur Verwendung von Rezensionen.

Erscheinungsweise: 2 x jährlich.

Bezugsbedingungen 2024: Individualkunden: Jahresabo 44,00 EUR (Print); Firmen und Institutionen: Jahresabo 59,00 EUR (Print). Einzelheft (Print): 27,00 EUR. Die Preise verstehen sich einschließlich der gesetzlichen Umsatzsteuer und zuzüglich Vertriebskostenanteil (Inland 6,00 EUR/Ausland 18,00 EUR) bzw. Direktbestellungsgebühr (Inland) 3,50 EUR. Die Rechnungsstellung erfolgt nach Erscheinen des ersten Heftes des Jahrgangs. Bestellungen über jede Buchhandlung und beim Verlag.

Kündigung: Sechs Wochen zum Kalenderjahresende.

© 2024 Georg Olms Verlag in der Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden

ISSN 0342-1511

DOI: 10.5571/0342-1511-2024-1

www.nan.nomos.de