



Tagungsband zum DHBW Forschungstag 2023

# NACHHALTIGKEIT GESTALTEN

Gesellschaft, Gesundheit, Technologien und Märkte

Wir bedanken uns herzlich bei unseren Sponsoren!

**BANS  
BACH**

Wirtschaftsprüfungsgesellschaft  
und Steuerberatungsgesellschaft

**CARSIG**  
AUTOMOTIVE

**EUCHNER**  
More than safety.

**Gleason**

**TEPRO**  
PRÄZISIONSTECHNIK

**WÜRTH**



**FREUNDE UND FÖRDERER  
DHBW STUTTART**

Mit freundlicher Unterstützung des Vereins der  
Freunde und Förderer der DHBW Stuttgart e.V.

# Inhalt

<b>Grußwort</b>	<b>5</b>
<b>Interview</b>	<b>6</b>
<b>Keynote-Beiträge</b>	<b>8</b>
Nachhaltigkeit – vom Hype zum Kernthema	9
Planetary Health – Mitigation, Adaptation und Resilienz	12
Wie erhöhe ich die Chancen, dass meine Forschungsergebnisse in die Praxis kommen?	13
<b>Fachvorträge</b>	<b>15</b>
<b>Session 1: Gesundheit und Wohlergehen (SDG 3)</b>	<b>16</b>
Interventionsoption zur Erreichung eines nachhaltigeren Therapieerfolges von Patienten mit chronischer Erkrankung	18
Entwicklung und Förderung der digitalen Kompetenz bei Pflegenden in der häuslichen Versorgung – AAL-Technologien in der direkten Anwendung	20
Projekt InPortant	22
Nachhaltigkeit von Implementierung am Beispiel der Hebammensprechstunde	24
<b>Session 2: Hochwertige Bildung (SDG 4)</b>	<b>26</b>
Nachhaltige (Lehr/Lern-)Materialien: zum Stand von OER an der DHBW	28
OER als Katalysator für innovative Bildung in Hochschule und Beruf	30
Gestaltung von nachhaltigen Lernprozessen in digitalen Bildungsangeboten durch Fokus auf Differenzierung und Individualisierung	32
Envision30@AuReliA	34
<b>Session 3: Industrie, Innovation und Infrastruktur (SDG 9)</b>	<b>36</b>
Vorstellung eines Referenzmodells zur Auswahl einer situationsorientierten Methode der Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen von Merger & Acquisitions	38
Strategie zur Effizienzsteigerung und Dekarbonisierung von schweren landwirtschaftlichen Maschinen	40
Roboter-Trajektorien-Optimierung auf Basis von Optimal-Steuerungs-Theorie – Energie-Einspar-Potentiale	42
Exploring the role of digital technologies in enhancing resilience and sustainability of supply chains during pandemics	44
<b>Session 4: Wirtschaftswachstum (SDG 8)</b>	<b>46</b>
Carbon Risk Hedging	48
In 15 Minuten zur Sustainability Readiness mit LBBW Sustainability Advisory	50
Stakeholder perspectives of sustainable banking practices	52
Natural Disasters and Bank Solvency*	54
<b>Session 5: Nachhaltiger Konsum (SDG 12)</b>	<b>56</b>
Forschungsprojekt VereNa – Vermittlung relevanter Nachhaltigkeitsinformationen im Lebensmitteleinzelhandel	58
Forschendes Lehren & Lernen: Sensibilisierung für die Vermeidung von Lebensmittelverschwendung mit Hilfe der Tagebuch-Methode	60
Factors Influencing Consumers Intended and Actual Sustainable Purchases of Clothing in Germany and South Africa	62
Circular economy in der Bekleidungsindustrie	64
<b>Session 6: Nachhaltige Produktion (SDG 12) – Maßnahmen zum Klimaschutz (SDG 13)</b>	<b>66</b>
3D printing with recycylate as a future path to solving Tanzania's plastic challenge?	68
Technisches Monitoring für einen funktionalen und energieoptimalen Gebäudebetrieb	70
Sustainable Information Technology (IT)	72
<b>Session 7: Gesundheit und Wohlergehen (SDG 3) – Geschlechtergleichheit (SDG 5) – weniger Ungleichheiten (SDG 10)</b>	<b>74</b>
Nachhaltigkeit und Hitzeschutz in Gesundheitseinrichtungen – DHBW-Studierende entwickeln lehrintegrierte Forschungsprojekte	76
Gerechtigkeit in der Psychotherapie: Entwicklung eines Inventars zur Erhebung von Ungerechtigkeitswahrnehmung bei traumatisierten Personen und eines Behandlungsmanuals mit Gerechtigkeitsfokus	78
FamilienKULTUREN: Kultur-, religions- und diskriminierungssensibles Handeln in Kita und Schule	80
„Begleitungskompetenz zu Fragen von Religion, Glaube und Spiritualität in der transkulturellen psychosozialen Beratung und Gesundheitsversorgung“	81
The Impact of Media on the Acculturation of East African Immigrants in Germany: Case Study of local Television Channels	82
Schutzkonzepte vor sexualisierter Gewalt nachhaltig verankern	84
Soziale Ungleichheit und ökologische Krisen: Gedanken zur nachhaltigen Transformation am Beispiel des Gender Climate Gaps	86
<b>Session 8: Nachhaltige Städte und Gemeinden (11)</b>	<b>88</b>
Probabilistische Analysen von Flusssdeichen unter Berücksichtigung multivariater Belastungen	90
MoCLi – Mobility Climate Living LAB	92
DHBW New Mobility Plattform	94
Überholvorgänge in Stuttgart	96
Autonomes Fahren in den Medien: Medieninhaltsanalyse über die Darstellung autonomer Busse im ÖPNV	98
Urbane Logistik mit smarten autonomen Liefer-/Transportfahrzeugen	100

<b>Session 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur (SDG 9)</b>	<b>102</b>
Niedriglegierte, ausscheidungsfähige Kupferlegierungen mit Scandium und Hafnium	104
Pocket Rocket H2	106
Nachhaltigkeit und Batterietechnologie	108
Lebensdauer thermischer Interfacematerialien für die Kühlung von 48 V-Batterien in Mild-Hybrid-Fahrzeugen	110
Simulation von rheologischen Experimenten und Vakuumformprozessen durch einen neuartigen nichtlinearen hyperviskoelastischen Modellierungsansatz für amorphe Kunststoffe im gummielastischen Bereich	112
Verkleinerung des CO <sub>2</sub> -Fußabdrucks im Heißkanalbau	114
<b>Session 10: Nachhaltige Produktion (SDG 12) – Maßnahmen zum Klimaschutz (SDG 13)</b>	<b>116</b>
Gemeinsam den Kreislauf schließen: Synergien dank Sensibilisierung	118
Strengthening sustainability or stifling the economy: Germany's Supply Chain Due Diligence Act and consequences for the social sector	120
EU Green Deal – Warum die Transformation zur Kreislaufwirtschaft die Digitalisierung benötigt	122
Circular Economy as a driver for sustainable corporate development	124
Sustainable Corporate Culture – Success Factors for the Optimization of Corporate Culture with a Focus on Sustainability within Corporations	126
Erfolgsfaktoren nachhaltiger Unternehmenstransformation am Beispiel der Robert Bosch GmbH	128
<b>Session 11: Nachhaltiger Konsum (SDG 12)</b>	<b>130</b>
Preis der Nachhaltigkeit im Automotive-Bereich – Zahlungsbereitschaft und Präferenzen der Kunden	132
Können soziale Vergleiche und moralische Appelle die Nutzung klimafreundlicher Verkehrsmittel erhöhen?	134
Innovatives Event Monitoring für nachhaltige Veranstaltungen	136
A Stakeholder's Perspective on Greening the Tourism Curriculum: A Comparative Analysis of Trinidad and Tobago, Germany (Baden-Württemberg) and Botswana in a Post COVID-19 Context	138
Resilienzkonzept für Destinationen – Post-Corona-Strategien in der Nationalparkregion Schwarzwald /Deutschland	140
Factors influencing purchase intention for recycled products	142
<b>Session 12: Bezahlbare und saubere Energie (SDG 7)</b>	<b>144</b>
Methanol zur saisonalen Speicherung von Energie	146
Solarthermisch erzeugte Prozesswärme für industrielle Anwendungen	148
Optimierung des Energieertrages einer Solarblume durch Extremum Seeking Control – Empirische Betrachtung für den Standort Baden-Württemberg	150
Smarte Grids für smarte Energieerzeugung	152
Dezentrale Herstellung und Nutzung von grünem Wasserstoff	154
Recycling von Wasserstoff aus Industrieabgasen mit einem elektrochemischen Kompressor (EH2C)	156
<b>Poster-Beiträge</b>	<b>158</b>
Personalisierte Ernährung und Künstliche Intelligenz – PersEKI	160
Einfluss der Gestaltung des Gebärraums auf die Arbeitszufriedenheit von Hebammen – eine Querschnittserhebung	162
Virtuelle Lerntheken im Gesundheitswesen – wie Digitalisierung in der Lehre nachhaltig verankert werden kann	164
Nachhaltigkeit trotz Schnellebigkeit: Aspekte der Nachhaltigkeit im Curriculum der Informatik	166
Nachhaltiges Knowledge Sharing im Digital Student-Life-Cycle	168
Sustainability as a trending topic in bachelor theses	170
Additive manufacturing of electrically conductive porous media for fuel cell applications	172
Experimental optimization of vapour chambers for cooling polymer electrolyte membrane fuel cells	174
Mikrobiogasanlagen für den Hausgebrauch	176
Personalisierte Android-Apps zur Navigationsoptimierung und Pilotenentlastung im Privat- und Sportflug	178
Biobasierter Plastikersatz mitprogrammierbarer Abbaubarkeit	180
Modellierung der effektiven Wärmeleitfähigkeit von Thermischen Interfacematerialien	182
Nachhaltigkeitsberichterstattung in kleinen und mittelständischen Unternehmen	184
RoboGrind – Hybride AI für die Oberflächenbearbeitung mit Robotern	186
Optimierung von Nachhaltigkeitskennzeichnungen	188
Zwischen Selbstverpflichtung und Lizenzierung: Deutsche Sportligen im Nachhaltigkeitsvergleich	190
3D-Thermocell – Strukturstabile, ressourcenschonende Verpackungslösungen aus 3D-thermogeformten Cellulose-Verbundwerkstoffen aus biobasierten Papierinhaltsstoffen	192
KI-basierte Punktwolkenanalyse und webbasierte VR-Visualisierung (KIP-VR)	194
CO <sub>2</sub> -Runter, die CO <sub>2</sub> -Community App für Karlsruhe	196
Lokale Klimagovernance	198
Vorhersage von Energie-optimalen Powerlimits durch künstliche Intelligenz basierend auf dynamischer Prozessoranalyse	200
Design und prototypische Implementierung einer cloudbasierten Plattform zur Sammlung und Analyse von Umweltkennzahlen eines Unternehmens	202
Prototypische Konzeption eines übertragbaren Green IT Frameworks	204
Konzeption & Entwicklung eines autonomen Datenloggers für Klimadaten	206
Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie: Eine Roadmap	208

# Grußwort

Liebe engagierte Forschende, liebe Duale Partner, herzlich willkommen zum Forschungstag der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, einem bedeutsamen Ereignis, das unter dem inspirierenden Motto „Nachhaltigkeit gestalten: Gesellschaft, Gesundheit, Technologien und Märkte“ steht.

Als größte Hochschule des Landes Baden-Württemberg mit über 30.000 Studierenden und stolzen 9.000 Dualen Partnern, ist die DHBW eine bedeutende Transferhochschule in Deutschland. Diese Position verpflichtet uns, die Nachhaltigkeit zu gewährleisten. In einer Zeit, in der globale Herausforderungen immer dringlicher werden, sind wir als Hochschule gefordert, Impulse zu setzen und als Vorreiter voranzugehen. Es liegt in unserer Verantwortung, Fach- und Führungskräfte auszubilden, die die Welt retten können.



Die Dualen Partner spielen eine entscheidende Rolle dabei. Ihre Expertise und ihre Bereitschaft zur Zusammenarbeit ermöglichen uns den Wissenstransfer in die Praxis. Gemeinsam können wir Lösungen erarbeiten, die den gesellschaftlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Herausforderungen im Sinne der Nachhaltigkeit gerecht werden.

Die Forschung, die an unserer Dualen Hochschule gemeinsam mit den Dualen Partnern betrieben wird, ist von höchster Relevanz. Jeder Beitrag, jede Idee und jedes innovative Projekt hat das Potenzial, Gesellschaften zu verändern, die Gesundheit zu verbessern und neue Technologien und Märkte zu gestalten. Besonders faszinierend finde ich, dass die Beiträge nach den 17 SDGs der UN sortiert sind, denn dadurch wird die Interdisziplinarität, für die die DHBW steht, besonders gut zur Geltung gebracht.

Der Forschungstag bietet uns eine wunderbare Plattform, um Erkenntnisse auszutauschen, neue Kooperationen zu knüpfen und gemeinsam voranzuschreiten. Ich ermutige Sie daher, sich aktiv einzubringen, Ihre Ideen zu teilen und voneinander zu lernen. Zusammen sind wir in der Lage, eine nachhaltige Zukunft zu gestalten, in der ökologische, soziale und ökonomische Aspekte im Einklang stehen. Ich wünsche Ihnen einen inspirierenden und erfolgreichen Forschungstag in unserem neuen Gebäude der Fakultät Technik, das unter einem Dach mit 500 m<sup>2</sup> Solaranlagen errichtet wurde. Mögen Ihre Gespräche und Ihr Zusammenkommen eine Quelle neuer Impulse sein.

Mit nachhaltigen Grüßen

Prof. Dr. Martina Klärle  
Präsidentin der Dualen Hochschule Baden-Württemberg

Trägerin des Deutschen Nachhaltigkeitspreises

## Interview

# „Als Hochschule nehmen wir eine Vorbildrolle ein“

**Nachhaltigkeit – eine der größten Herausforderungen unserer Zeit: Prof. Dr. Joachim Weber, Rektor der DHBW Stuttgart, und Prof. Dr.-Ing. Harald Mandel, Prorektor für Forschung, Transfer und Nachhaltigkeit und Dekan der Fakultät Technik im Doppelinterview zum Forschungstag 2023.**

Lieber Herr Weber, was bedeutet Nachhaltigkeit für Sie persönlich?

JW: Die Notwendigkeit nachhaltigen Denkens und Handelns, sowohl aus ökologischer, ökonomischer oder technologischer als auch aus sozialer und ethischer Perspektive, begleitet mich schon seit meiner Jugendzeit: Stichworte wie „Grenzen des Wachstums“, „Waldsterben“, „Saurer Regen“, „Soziale Ungerechtigkeit“, „Friedensbewegung“, etc. waren für uns bereits in den 1970er Jahren höchst brisante Tagesthemen. Aktuell geben mir die hochaktuellen 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen Anlass zum Denken und Handeln.

Daher ist es für mich als Rektor naheliegend, dass wir an der DHBW Stuttgart, gemeinsam mit den Dualen Partnern, den Nachhaltigkeitsgedanken durchgängig in der administrativen Ressourcennutzung sowie auch insbesondere in Lehre, Forschung, Weiterbildung und Transfer fest ver-



Prof. Dr. Joachim Weber

ankern. Dies muss selbstverständlich in allen Studienbereichen und Studiengängen der Fakultäten Gesundheit, Sozialwesen, Technik sowie Wirtschaft spezifisch mit Leben erfüllt werden. Nur so können wir die junge Generation angemessen befähigen, wissenschafts- und evidenzbasiert geeignete Lösungsansätze für aktuelle und zukünftige Herausforderungen zu entwickeln und wirksam umzusetzen.

Lieber Herr Mandel, das Programmkomitee, dem auch Sie angehören, hat als Titel des Forschungstages „Nachhaltigkeit gestalten“ gewählt. Worauf zielt dies ab? Was ist Ihnen dabei wichtig?

HM: Der Veranstaltungstitel impliziert unserer Meinung nach, dass man vom Reden ins Handeln kommt bzw. kommen soll. In der Hochschule tätig zu sein, bedeutet eine große Freiheit und viele Gestaltungsmöglichkeiten, um den Themenbereich Nachhaltigkeit im Studiengang oder innerhalb kooperativer und empirischer Forschungsprojekte zu bearbeiten. Mit der Veranstaltung wollen wir zeigen, dass wir bereits mitten im Handeln, mitten im Gestalten sind. Verdeutlicht wird dies z. B. auch durch die Tatsache, dass für den Forschungstag 130 Einreichungen – so viele wie noch nie – eingegangen waren, von denen am Ende 85 berücksichtigt werden konnten. Damit haben wir ein äußerst facettenreiches Programm kreiert, das viele der 17 Nachhaltigkeitsziele der UN abdeckt. Das große Interesse hat uns alle sehr gefreut und zeigt den hohen Stellenwert, den die Nachhaltigkeitsforschung an der DHBW hat. Die hohe Anzahl an Einreichungen zeigt außerdem auch, dass das diesjährige Thema gut gewählt wurde.

Herr Weber, wie können Bildung und Forschung dazu beitragen, nachhaltiges Denken und Handeln zu fördern?

JW: Als Hochschule nehmen wir eine Vorbildrolle ein und sehen es als unsere Aufgabe, den Hochschulmitgliedern sowie der Gesellschaft einen sorgsamsten Umgang mit unserer Umwelt vorzuleben. Dazu zählen unter anderem nachhaltige Gebäude, klimabewusste Beschaffungen und

nachhaltige Mobilitätsangebote für unsere Beschäftigten und Studierenden wie beispielsweise die Nutzung von Elektrofahrzeugen in Kombination mit einer Solartankstelle, einen Fahrradverleih, die Einrichtung von Servicestationen für Fahrräder oder vergünstigte Angebote für den öffentlichen Nahverkehr.

Alle Studierenden der DHBW werden zum einen im Rahmen des Curriculums für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen sensibilisiert. Sie engagieren sich aber auch darüber hinaus beispielsweise in den sogenannten Green Offices, wo verschiedenste Projekte rund um die Themen Nachhaltigkeit und Klimaschutz geplant und umgesetzt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit zur kostenlosen Teilnahme an Kursen und Lehrveranstaltungen der Virtuellen Akademie Nachhaltigkeit (VAN).

Einen besonderen Standpunkt zum Thema Nachhaltigkeit nimmt selbstverständlich der Bereich Forschung ein. Hier wird der Grundstein gelegt für zukünftige Entwicklungen und (technische) Innovationen, die den Klimaschutz voranbringen. An der DHBW Stuttgart gibt es zahlreiche Projekte, die sich mit dem Themenkomplex beschäftigen: Das vom Kollegen Mandel erwähnte Projekt CeM wurde beispielsweise im Rahmen des Ideenwettbewerbs „Mobilitätskonzepte für den emissionsfreien Campus“ des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg ausgezeichnet.

**Herr Mandel, der Forschungstag findet dieses Jahr wieder einmal in Stuttgart statt und ist zudem auch die erste große Veranstaltung im Neubau der Fakultät Technik. Worauf freuen Sie sich besonders?**

HM: Ich freue mich darauf, dass dieses großartige Gebäude, auf das so viele Menschen innerhalb der DHBW Stuttgart so lange hingearbeitet haben, nun auch über den Lehrbetrieb hinaus mit Leben gefüllt werden wird. Dass wir alle Studiengänge unter einem Dach haben und gleichzeitig Kolleg\*innen anderer Standorte und Vertreter\*innen unserer Dualen Partner ein Rahmen zum Austausch bieten können. Gerade am DHBW Forschungstag können wir nun Expert\*innen aus unterschiedlichen Bereichen

*Die Fragen stellte die Hochschulkommunikation der DHBW Stuttgart.*



Prof. Dr.-Ing. Harald Mandel

zusammenkommen lassen, um Probleme aus verschiedenen Perspektiven zu beleuchten und gemeinsam Lösungen zu entwickeln.

**Herr Mandel, welche Rolle spielen unsere Dualen Partner bei der Integration von Nachhaltigkeitsthemen in die Praxisphasen und die kooperative Forschung?**

HM: Die enge Verzahnung mit unseren Dualen Partnern sorgt auch im Bereich Forschung für einen schnellen Wissenstransfer zwischen Hochschule und Unternehmen bzw. Einrichtungen und somit für eine schnelle Aufnahme von aktuellen Themen in Studien- bzw. Forschungsprojekte. Umgekehrt fördert dieser beständige Austausch auch die Gestaltung der Praxisphasen.

**Herr Weber, wagen Sie mit uns einen Blick in die Zukunft: Wie sehen nachhaltige Hochschulen in 50 Jahren aus?**

JW: Ich hoffe, dass nachhaltiges Handeln in 50 Jahren keine Herausforderung mehr ist, sondern eine Selbstverständlichkeit, die in allen Bereichen unseres Lebens konsequent umgesetzt wird. Das schließt für mich ein effizientes und nachhaltiges Ressourcenmanagement, ein emissionsarmes Transportwesen und energieeffiziente Gebäude mit ein. Damit dies nicht erst in 50 Jahren passiert, sind wir aktuell damit befasst, Nachhaltigkeitsthemen in allen Studienrichtungen umfassend im Curriculum zu verankern und darüber hinaus unsere Forschungs- und Projektaktivitäten konsequent im Sinne interdisziplinären nachhaltigen Denkens und Handelns auszurichten.

# Keynote-Beiträge



## Nachhaltigkeit – vom Hype zum Kernthema

Annette Wagner (Robert Bosch GmbH)

Nachhaltigkeit ist in aller Munde. Doch wie groß ist die Auswirkung auf Unternehmen und ihre Wertschöpfungskette wirklich? Ist ESG mehr als ein temporärer Hype? Sind die EU Taxonomie und EU CSRD zahnlose Tiger aus Brüssel, deren Relevanz im Tagesgeschäft vernachlässigbar sein wird? Oder wird sich Nachhaltigkeit für Unternehmen von einem Hype zu einem Kernthema entwickeln, das nicht nur die license-to-operate sicherstellt, sondern darüber hinaus auf eine robuste, zukunftsfähige Geschäftsstrategie – und damit eine license-to-grow – einzahlt.

### Dreiklang versus ESG

Nachhaltigkeit ist der Dreiklang aus Ökologie, Ökonomie und Sozialem. Nachhaltigkeits-Management in Unternehmen versteht sich als Enabler dieser drei Kernbereiche und hat die Aufgabe, Zielkonflikte zwischen den Dimensionen wertschaffend zu lösen. Eine ökologisch werthaltige Lösung ist nicht immer ökonomisch sinnvoll. Das englische Akronym ESG (Environment, Social, Governance) vernachlässigt die wirtschaftliche Perspektive und nimmt stattdessen das Thema Governance auf. Good Governance und Business Ethics sind weitere wichtige Bestandteile nachhaltiger Unternehmensführung. Der Nachhaltigkeitsansatz von Bosch vereint deshalb beide Definitionen.



Abb. 1: Bosch Nachhaltigkeits-Zielbild

Bosch spiegelt dies in seiner Nachhaltigkeitsstrategie wider, die sechs Kernthemenfelder definiert: Klimaschutz, Wasser, Kreislaufwirtschaft, Vielfalt, Menschenrechte und Gesundheit. Jede

Dimension ist mit quantitativen oder qualitativen KPIs und Zielen hinterlegt und wird über konkrete Programme und Ziele in die Geschäftsbereiche und Regionen implementiert. Ein geschlossener Plan-Do-Check-Act-Zyklus stellt sicher, dass die Maßnahmen weltweit Wirkung entfalten und Ziele erreicht werden, bzw. im Falle einer Nicht-Erreichung nachjustiert wird und Maßnahmen erlassen werden. So ist Bosch seit 2020 in Scope 1+2 CO<sub>2</sub>-neutral und war der erste Automobilzulieferer, der mit dem Status „target set“ in die Science Based Targets Initiative (SBTi) aufgenommen wurde (1).

### Gestern und heute

Blickt man einige Jahre zurück, so war Nachhaltigkeit noch ein Randthema, das von Kunden als Compliance-Anforderung berücksichtigt wurde (bspw. Einhaltung REACH-Verordnung) und NGOs einen starken Umweltfokus aufwiesen. Kurz, die Anzahl der externen Anforderungen war überschaubar, das Thema Nachhaltigkeit kaum reguliert. Im Fokus stand die direkte Wertschöpfung des Unternehmens und Nachhaltigkeitsprogramme konnten auf dem eigenen Werksgelände „gate-to-gate“ entwickelt und schnell zum Wettbewerbsvorteil werden. Die Themen fokussierten sich auf das klassische EHS-Geschäft (Environment, Health und Safety), Nachhaltigkeit konnte so schnell zum Differenzierungsfaktor avancieren. Heute ist das Thema Nachhaltigkeit reguliert (bspw. EU Taxonomie, EU CSRD, LkSG, EU CSDDD). Bei vielen Kunden ist Nachhaltigkeit längst Vergabekriterium. Auch im Finanzmarkt wird ESG ein immer wichtigeres Kriterium (bspw. haben sich europäische Investments in nachhaltige Fonds von 2019 auf 2020 nahezu verdoppelt (2)) und ESG-Informationen werden vermehrt in klassische Ratings aufgenommen. Es gibt eine Vielzahl an NGOs, die sich über das Thema Nachhaltigkeit und Klimaschutz definieren (bspw. Fridays For Future) und auch die Rechtsprechung als fünfter externer Faktor greift das Thema auf (bspw. Deutsches Verfassungsgericht, Klimaklagen, Shell-Urteil).

Der Verantwortungsbereich der Unternehmen bezieht sich nun auf die gesamte Wertschöpfungskette, vorgelagert werden Lieferantenverpflichtungen zu CO<sub>2</sub> und Transparenz mit Blick

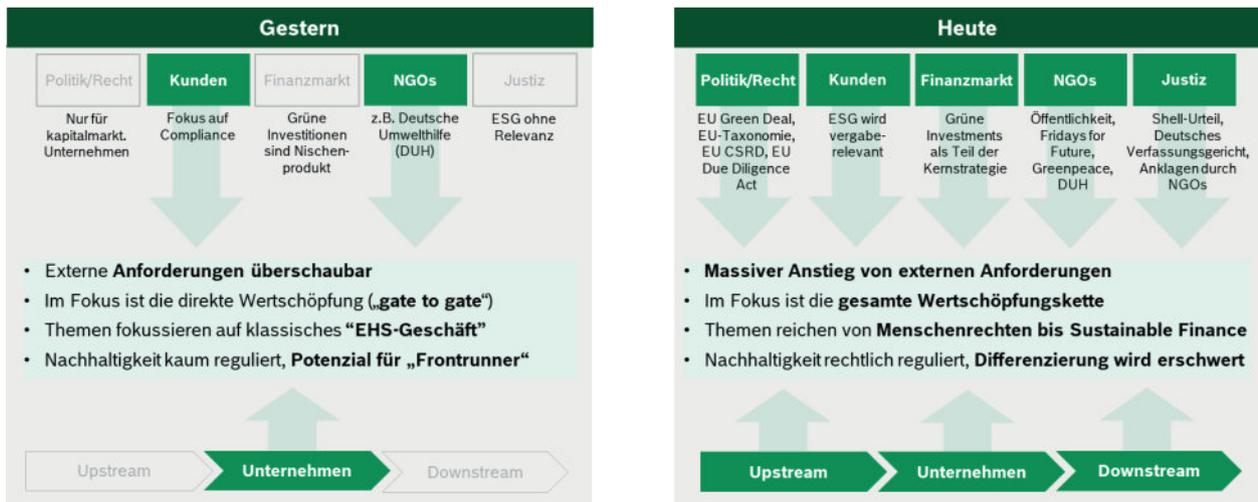


Abb. 2: Die Entwicklung des Themas Nachhaltigkeit

auf Menschenrechte ein Must-Have, nachgelagert rückt die Nutzungsphase von Produkten in den Vordergrund. Die Themen decken den kompletten ESG-Bereich ab und reichen von Menschenrechten bis zu Sustainable Finance.

### Von Transparenz zur Steuerung

Mit den Gesetzgebungen zum EU Green Deal schafft die EU eine nie dagewesene Transparenz zur Nachhaltigkeits-Performance von Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette (EU CSRD) und über das nachhaltige Produktportfolio (EU Taxonomie) mit umfassenden Offenlegungspflichten. Damit schließt das Thema Nachhaltigkeit zur klassischen Finanzberichterstattung von Unternehmen auf. Konsequenterweise rückt die Offenlegung in den Lagebericht des Geschäftsberichts. Dies ist kein europäisches Phänomen, denn der neue EU-Berichtsstandard wird Hand in Hand mit

der derzeit noch führenden Global Reporting Initiative (GRI) und dem International Sustainability Standards Board (ISSB) entwickelt. Die Substitution der Vorgänger-Richtlinie Non-Financial Reporting Directive (NFRD) durch die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) zeigt, dass Nachhaltigkeit für Unternehmen zukünftig mehr ist als nur eine nicht-finanzielle Kennzahl. Sie wird darüber hinaus für den wirtschaftlichen Unternehmenserfolg ein wichtiges Kriterium sein. Um diesen Wandel zu bewältigen und wertschöpfend zur Geschäftsentwicklung des Unternehmens beizutragen, muss das Thema Nachhaltigkeit systematisch in die Geschäftssteuerung eingebunden werden. Im Anschluss an die Definition der führenden Nachhaltigkeits-Strategie und den dazugehörigen KPIs gilt es diese in ein ganzheitliches Steuerungskonzept zu überführen. (3) Dabei ist das Spielfeld der Integrationsmög-



Abb. 3: Die Anforderungen der EU CSRD und EU Taxonomie

lichkeiten in die Organisation groß: So lässt sich das Produktportfolio von vielen Unternehmen bspw. über den grünen Umsatzanteil steuern, der gemäß EU Taxonomie ausgewiesen werden muss. Investitionsentscheidungen oder Incentivierungssysteme stellen weitere Beispiele dar, um Nachhaltigkeit in einen ganzheitlichen Steuerungsansatz zu integrieren.

Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung von Nachhaltigkeit in Unternehmen ist die konsequente Übersetzung der Ziele und KPIs auf einzelne Geschäftsbereiche und Regionen. Gelingt es Unternehmen darüber hinaus, ihre Mitarbeitenden für das Thema zu sensibilisieren und zu trainieren, wird aus einem Klimaschutz-KPI ein KPI mit Business-Relevanz, der zu unternehmerischen Erfolg beiträgt.

### **Quellen**

(1) Robert Bosch GmbH (2023). Onwards. Sustainability Report 2022, 64-75.

(2) Morningstar Direct (2020). Manager Research.

(3) Dannenberg, M., Moehrer, M., et al (2023): Dream Car Bericht. Controlling und Nachhaltigkeit. ICV-Ideenwerkstatt.

<sup>i</sup> EU Corporate Sustainability Reporting Directive (EU CSRD), Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG), EU Corporate Sustainability Due Diligence Directive (EU CSDD)

## Planetary Health – Mitigation, Adaptation und Resilienz

Christian Schulz (Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e.V.)

### Ausgangssituation

Durch die Überschreitung von bereits sieben von acht Erdsystemgrenzen verschlechtern sich für den Menschen die Wohnbarkeitsbedingungen auf der Erde. Aktivierte, sich selbst und gegenseitig verstärkende Kippunkte der Erdsysteme führen zu einer weiteren Beschleunigung dieser Entwicklung. Aufgrund der Überlagerung der verschiedenen Dynamiken verlaufen diese Veränderungen nicht-linear. Das hat immer stärkere Auswirkungen auf die körperliche und mentale Gesundheit.

Bis zu 78 % der etwa 42 Millionen vorzeitigen Todesfälle durch nicht übertragbare Krankheiten weltweit lassen sich auf nur vier Branchen zurückführen: Alkohol, Tabak, Nahrungsmittelproduktion und fossile Brennstoffe. In den letzten Jahrzehnten waren bestimmte Wirtschaftsunternehmen sehr erfolgreich darin, die Gesundheitskosten auf den Einzelnen und die Gesellschaft abzuwälzen. Für diese Unternehmen steht viel auf dem Spiel, und sie sind dafür bekannt, dass sie Vorschriften und politische Maßnahmen in ihrem eigenen Interesse sowohl sichtbar als auch unsichtbar negieren, verzögern und beeinflussen. Das wirkt sich direkt oder indirekt auf die Gesundheit aus und trägt zur zunehmenden Überschreitung der planetarischen Grenzen maßgeblich bei. Es sind kommerzielle Determinanten von Gesundheit.

In Bezug auf die Klimakrise ist Europa Ground Zero. Kein Kontinent erwärmt sich schneller. Hitzewellen werden länger, intensiver und häufiger, Dürren und extreme Wetterereignisse nehmen zu und damit auch die direkt und indirekt mit ihnen verbundene Krankheitslast. Die von der internationalen Gemeinschaft ergriffenen Maßnahmen zur Eindämmung und Anpassung sind völlig unzureichend, um die Gesellschaften vor den künftigen Auswirkungen zu schützen. Wir befinden uns in einer planetarischen Notlage. Ehrgeizige Maß-

nahmen sind erforderlich, um die menschliche Gesundheit zu schützen.

### Die Lösung

Die Regeln, die die letzten 50 Jahre so gut funktioniert haben, tragen nicht in die Zukunft. Um einer weiteren Destabilisierung der Gesellschaften und der Ökosysteme entgegenzuwirken, muss die öffentliche Gesundheit über kommerzielle Interessen der Stakeholder gestellt werden. Eine langfristige Maximierung der Rendite gelingt nur, wenn die planetaren Risiken berücksichtigt und die mentale und körperliche Gesundheit der Menschen geschützt wird.

Um die Resilienz von Menschen, Unternehmen, Gesellschaften und ihrer Gesundheitssysteme zu steigern, ist die schnelle Umsetzung der richtigen Therapiemaßnahmen erforderlich. Dazu gehört, rasch zu einer gerechten und sicheren Wirtschaftsweise innerhalb der Erdsystemgrenzen zu finden. Bestimmte Sektoren müssen stark wachsen, während andere verschwinden. Das stellt Unternehmen und ihre Mitarbeitenden vor die Herausforderung, ihre eigene Transformation voranzubringen und Vorreiter zu sein. Zahlreiche Co-benefits, also des Nutzens sowohl für den einzelnen aber auch für die natürlichen Lebensgrundlagen, sind die Grundlage für die Entwicklung der Transformationspfade. Das alles muss schnell genug sein, um die Gesundheit der Menschen zu schützen.

Eine zentrale Rolle spielt die kontinuierliche Suche nach Hebeln, die die Transformation beschleunigen können. Dazu gehören nicht nur gesetzgeberische Maßnahmen, sondern die Vergrößerung des eigenen Handabdrucks, insbesondere in Bildung und Forschung.

### Quellen

Rockström, J., Gupta, J., Qin, D. et al. Safe and just Earth system boundaries. *Nature* (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>

Gilmore AB, Fabbri A, Baum F, et al. Defining and conceptualising the commercial determinants of health. *The Lancet* 2023;401(10383):1194-213. doi: 10.1016/S0140-6736(23)00013-2

Traidl-Hoffmann C, Schulz CM, Herrmann M, Simon B (Hrsg). *Planetary Health*. 1. Auflage. MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; Berlin, 2021.

## Interview

### Wie erhöhe ich die Chancen, dass meine Forschungsergebnisse in die Praxis kommen?

Klaus Schimmer (SAP)

#### Der Begriff „Innovation“ ist seit einigen Jahren schon fast allgegenwärtig. Was bedeuten Innovationen nach Ihrem Verständnis? Ich persönlich unterscheide zwischen inkrementeller und disruptiver Innovation.

Bei inkrementeller Innovation werden bekannte Technologien, Produkte, Dienstleistungen, Geschäftsmodelle oder Prozesse weiterentwickelt, bleiben aber im Kern erhalten. Und der Zeitrahmen ist überschaubar. Beispiel: Eine Bremse für ein Auto wird wirkungsvoller bei geringeren Kosten. Das kann ein Ingenieurteam in 6 Monaten entwickeln und diese Produktverbesserung würde ich auch eine Innovationsleistung nennen.

Bei disruptiver Innovation ist es nicht so einfach. Hier trifft sich auch Innovation und Forschung. Eventuell ermöglichen neue Technologien neue Anwendungsfälle, die Produkte aber auch Geschäftsmodelle und ganze Märkte verändern können. Um auf unser Beispiel zurückzukommen: Eine AI-gesteuerte Bremse, die über Videosignale des Fahrzeuges vorausschauend bremst und das nicht über die herkömmlichen Bremsklötze, sondern über die Steuerung des elektrischen Motors. Bei disruptiver Innovation sprechen wir häufig über 3 bis 10 Jahre.

Ich glaube, dass wir in Deutschland viel zu wenig in disruptive Technologien investieren. Hier sollte die Forschung viel enger mit Unternehmen vernetzt werden. Quartalsgesteuerte Unternehmen können häufig nicht so langfristige Forschung finanzieren. Hier sollte eine Innovationsförderung des Staates ansetzen.

#### Welche Kriterien müssen innovative, kreative Ideen erfüllen, um den Weg in die Praxis zu finden?

Aus meiner Sicht muss eine innovative Idee zwei Kriterien erfüllen: Als erstes braucht es einen sinnvollen „Use-Case“. Das ist für mich die

Kurzbeschreibung für das Problem, das die Innovation löst. Irgend etwas muss besser, schneller, günstiger werden, jemand muss glücklicher werden. Und das ist auch einer der ersten wichtigen Schritte. Mit Anwendern und Kunden sprechen und die Idee bestätigen. Das fällt bei inkrementeller Innovation viel leichter als bei disruptiver Innovation. Ich erinnere mich an einen Kunden, der nach einer Blockchain Idee zu mir sagte: „Herr Schimmer, mir scheint es, als ob Sie eine Lösung haben und jetzt suchen Sie krampfhaft das Problem.“

Wenn der Use-Case bestätigt ist, kommt die zweite Hürde. Gibt es einen Business-Case? Kann die Innovation wirtschaftlich umgesetzt werden. Nur dann wird eine Firma auch in diese Innovation investieren.

Wichtig ist deshalb auch das richtige Setup im Unternehmen. Eine Innovationsabteilung sollte kein freischwebender Satellit sein. Die Verknüpfung mit den Geschäftseinheiten, die das Tagesgeschäft stemmen, ist wichtig, um nicht in die Falle des „Not-invented-here-Syndrom“ zu tappen.

Und zu guter Letzt sollte der Kontakt zum möglichen Kunden nicht nur der Bestätigung des Use-Cases am Anfang dienen. Eine kundenorientierte Entwicklung der Innovation geht nun mal nur mit Kunden und zwar von A - Z.

#### Was können unsere Forschenden konkret tun, damit ihre Ergebnisse für unsere Dualen Partner relevant sind und Anwendung finden?

Die DHBW hat ideale Voraussetzungen, Innovationen in die Praxis zu bringen, weil sie den direkten Kontakt zu den Unternehmen hat. Wichtig ist hier eine gemeinsame Abstimmung der Forschungsthemen. Und dann kann man partnerschaftlich das Thema angehen und die Studierenden und Unternehmen einbinden. Das könnte die duale Hochschule noch wertvoller machen und den Studierenden noch bessere Einstiegschancen geben. Wer mit Forschung und Innovation das Unternehmen vorantreibt, sollte auch gute Karrierechancen haben.

#### Welche unterschiedlichen Perspektiven oder Bereiche müssen mitgenommen werden, damit ein Forschungsergebnis nicht in der

### **Schublade verschwindet, sondern zum fertigen Produkt reifen kann?**

Forschung beschäftigt sich eher mit den disruptiven Themen. Da gibt es oft den Konflikt, dass man einerseits für die Zukunft gerüstet sein will, andererseits kurzfristig immer auf das Tagesgeschäft achten muss. Hier kann externe Forschung sehr hilfreich sein, wenn die Finanzierung vom Staat getragen wird. Aber wie zuvor bereits erwähnt, sollte der Bezug zur Praxis immer im Auge behalten werden. Und je konkreter Forschungsergebnisse werden, desto näher sollte man an mögliche Use-Cases heranrücken. Und über Use-Case und Business-Case findet man hoffentlich den Weg in die Anwendung.

### **Die Weiterentwicklung von Produkten hin zu mehr Nachhaltigkeit kann z.B. mit höheren Preisen einhergehen. Wie kann es gelingen, Nachhaltigkeit in die Märkte zu bekommen?**

Oben hatte ich bereits vom Business-Case gesprochen. Auch Use-Cases in der Nachhaltigkeit müssen einen Business-Case erfüllen. Der kann aber nicht ganz so einfach berechnet werden wie üblich, da es hier nicht nur um Kosten und Qualität geht, sondern auch um den stark wachsenden Wandel im Bewusstsein der Endverbraucher.

Für einige Produkte sind Kunden bereit einen Premiumaufschlag zu bezahlen. Aber wann? Und

wieviel? Das ist oft schwer abzuschätzen.

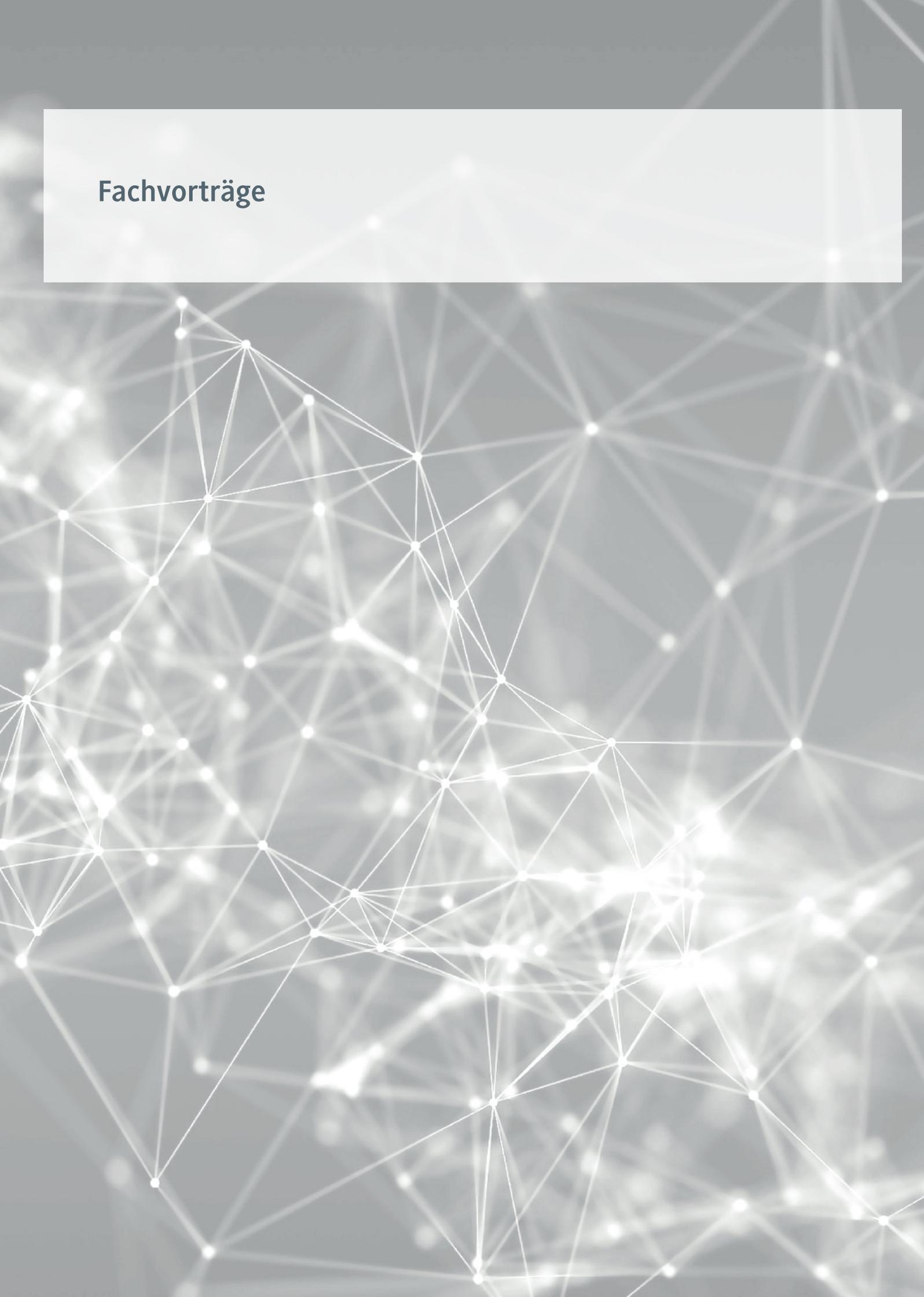
Hier muss jedes Unternehmen das Zusammenspiel von eigenen Klimazielen, Compliance, Verbraucherverhalten und Investoren genau betrachten. Wer zu früh investiert, hat erhöhte Kosten. Wer zu spät investiert, verliert vielleicht den ganzen Markt.

### **Worin sehen Sie für einen großen Dualen Partner wie SAP die Chance, mit der DHBW nicht nur in der Qualifizierung der Studierenden, sondern auch in Forschung und Entwicklung zu kooperieren?**

Das Schöne an den Themen Innovation und Sustainability ist ja, dass die Studierenden mit ihrer gesamten „Passion“ einsteigen können. Und die Unternehmen den Studierenden in der Ausbildungszeit Freiraum geben können. So könnte ein Praxissemester einen Forschungsschwerpunkt haben.

Aus eigener Erfahrung kann ich sagen, dass Studierende der Dualen Hochschule großartige Impulse und Beiträge zu Innovationsthemen geben konnten.

# Fachvorträge





**SESSION 1**

**Gesundheit und Wohlergehen (SDG 3)**

**3** GESUNDHEIT UND  
WOHLERGEHEN



## Interventionsoption zur Erreichung eines nachhaltigeren Therapieerfolges von Patienten mit chronischer Erkrankung

Christian Schäfer (DHBW Mannheim)

### Ausgangssituation

Eine Verbesserung der bislang unzureichenden Adhärenz bzw. Therapietreue von chronisch kranken Patienten im Hinblick auf ihre medikamentöse Therapie wird häufig als eine wesentliche Effizienzreserve unseres Gesundheitssystems benannt. Interventionen sollten möglichst spezifisch und mit einem für den Patienten klar erkennbaren Nutzen einhergehen. Daher kommt der Auswahl und Ansprache der „richtigen“ Patienten im Rahmen von Interventionsstrategien entscheidendes Gewicht zu. Ferner sollte die Akzeptanzschwelle des Patienten für die Intervention möglichst niedrig sein, um ihn für die Intervention gewinnen zu können. Zwei Faktoren sind somit gleich relevant für den Erfolg einer Intervention, um ein besseres Adhärenzniveau zu erzielen und die knappen Ressourcen unseres Gesundheitssystems nachhaltig einzusetzen: Erstens der in Aussicht gestellte

Nutzen und zweitens das grundsätzliche Akzeptanzniveau des Patienten.

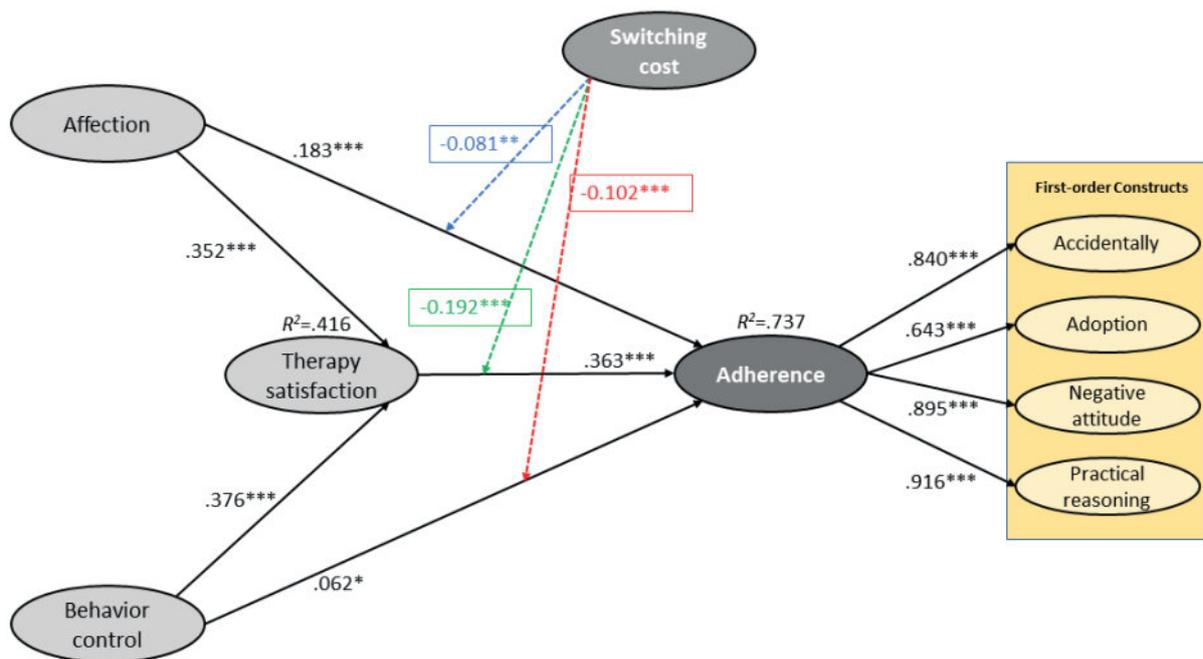
### Konzeptioneller Rahmen

Auf Grundlage von Ajzen's Theory of Planned Behavior (TPB) wurde zunächst ein konzeptioneller Rahmen entworfen, welcher wichtige Facetten des Adhärenzverhaltens von Patienten enthält und diese in kausale Abhängigkeiten zueinander stellt. Abb. 1 präsentiert den für die nachstehende Diskussion relevanten Ausschnitt (fünf Konstrukte) des im Vollmodell acht Konstrukte umfassenden Kausalmodells.

Es wird unterstellt, dass Affektion, Ausmaß an wahrgenommener Verhaltenskontrolle zur Therapieausführung und empfundene Therapiezufriedenheit direkten Einfluss auf die Adhärenz haben. Ferner wird angenommen, dass die patienten-seitig empfundenen Kosten eines Medikamentenwechsels die genannten drei direkten Effekte moderieren.

### Datengrundlage und Methodik

Anhand eines faktoranalytischen Strukturgleichungsmodells wurden Daten zum Adhärenzverhalten ausgewertet. Die Stichprobe, welche 2021/2022 in einer papierbasierten Umfrage von Bluthochdruckpatienten in Deutschland erhoben



Notes: We used a bootstrapping routine (Hair et al., 2022) with 10.000 subsample, 476 observations per subsample, and a no sign change option to determine the significance of the path coefficients. \*\*\*p < .01; \*\*p < .05; \*p < .10, Software used für analysis: Ringle, C. M., Wende, S., & Becker, J.-M. (2023): SmartPLS 4. Bönningstedt: SmartPLS.

Abb. 1: Kausalmodell (relevanter Ausschnitt)

wurde, umfasst n=476 Patienten. Als Messmodelle kamen ausschließlich bereits in vorausgehenden Studien validierte Messinstrumente zum Einsatz. Das Konstrukt der Adhärenz wurde über den mehrfach validierten A14-scale nach Jank et al. gemessen. Für sämtliche Messmodelle konnte Reliabilität, Validität und Generalisierbarkeit nachgewiesen werden.

### Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

Das Modell ist in der Lage, 73% der Adhärenz durch die vorgelagerten Konstrukte zu erklären, was einem substanziellen Erklärungsgrad entspricht. Ein out of sample durchgeführter Test der prognostischen Modellqualität (Q2) fällt ebenfalls signifikant aus. Von der Therapiezufriedenheit geht gefolgt von der Verhaltenskontrolle, den Wechselbarrieren und der Affektion, das stärkste Gewicht aus.

Ferner wird das Adhärenzverhalten signifikant von den patientenseitig empfundenen Kosten eines Medikamentenwechsels moderiert. Wie aus Abb. 2 ersichtlich, ist die Adhärenz beim Vorliegen hoher Wechselkosten systematisch höher, als bei Patienten mit niedrigen empfundenen Wechselkosten.

Daher stellen die empfundenen Kosten eines Medikamentenwechsels eines Patienten einen geeigneten Ansatzpunkt für eine Therapieintervention dar, da jene Patienten die beiden eingangs beschriebenen Voraussetzungen mitbringen: Erstens eine hohe Offenheit/Akzeptanz für eine Intervention, hier den Medikamentenwechsel, und zweitens ein in Aussicht gestellter Nutzen einer höheren potenziellen Therapietreue und damit besserer therapeutischer Outcomes.

Eine relativ gesehen gute Therapietreue ist erreicht, sobald Patienten hohe Kosten eines Medikamentenwechsels empfinden. Somit könnte eine Intervention folgenden Fokus haben: Konzentration auf ausschließlich wechseloffene Patienten und diese, wenn möglich, auf ein als attraktiv wahrgenommenes Therapieschema (z.B. Fix Dosis Kombination) umstellen.

Patienten mit hohen empfundenen Wechselkosten stellen aus allokativer Sicht eines möglichst effizienten Einsatzes knapper Ressourcen unseres Gesundheitswesens einen weniger attraktiven Adressaten für die skizzierte Intervention dar.

Eine Übertragbarkeit des Modells auf andere Therapiefelder bedarf einer separaten Untersuchung. Auch konnten 27% der Adhärenz nicht durch das Modell erklärt werden, was Raum für weitere Forschungsbemühungen eröffnet.

### Quellen

Ajzen, I.; Madden, T. J. (1986): Prediction of Goal-Directed Behaviour: Attitudes, Intentions and Perceived Behavioral Control. In: Journal of Experimental Social Psychology 22 (453-474).

Hair, J. F.; Hult, G. T. M.; Ringle, C. M.; Sarstedt, M.; Danks, N. P.; Ray, S. (2022): Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R. Cham: Springer Nature

Jank, S.; Bertsche, T.; Schellberg, D.; Herzog, W.; Haefeli, W. E. (2009): The A14-scale: development and evaluation of a questionnaire for assessment of adherence and individual barriers. In: Pharmacy world & science : PWS 31 (4), S. 426–431.

Horne, J.; Madill, J.; Gilliland, J. (2017): Incorporating the 'Theory of Planned Behavior' into personalized healthcare behavior change research: a call to action. In: Personalized medicine 14 (6), S. 521–529. DOI: 10.2217/pme-2017-0038

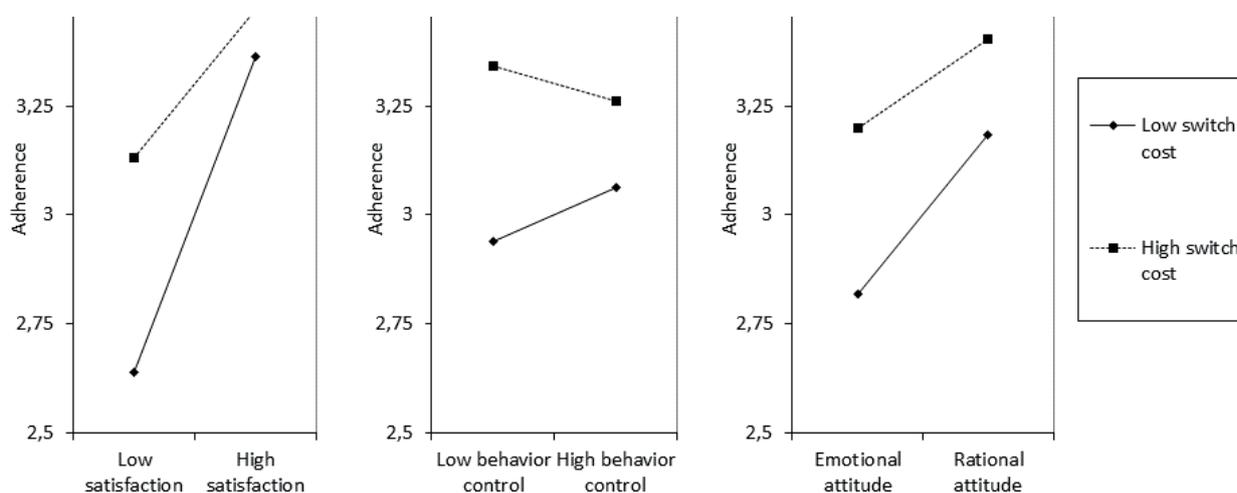


Abb. 2: Moderierender Einfluss der Wechselkosten

## Entwicklung und Förderung der digitalen Kompetenz bei Pflegenden in der häuslichen Versorgung – AAL-Technologien in der direkten Anwendung

Marcel Sailer, Barbara Steiner, Lara Piechnik (DHBW Heidenheim)

### Ausgangssituation

Technische Assistenztechnologien wie Erinnerungssysteme, Wearables, Sicherheits- und Notrufsysteme sollen dazu dienen, das autonome und selbstbestimmte Leben in der häuslichen Umgebung zu unterstützen. Die Lösungsansätze richten sich vorrangig an Personen im fortgeschrittenen Lebensalter sowie mit erhöhtem, pflegerischen Betreuungsbedarf. Häufig finden die Geräte jedoch nicht den Weg in die alltägliche Anwendung der Nutzer\*innen, deren Angehörige und professionellen Betreuungspersonen. Verschiedene Hindernisse wie fehlendes Wissen und Kenntnisse, unzureichende Finanzierungsstrukturen oder eine verbesserungswürdige Usability und Praktikabilität der Technologien erschweren die Nutzung im Alltag.

Im vorliegenden Projekt wurden Multiplikator\*innen ausgebildet, um den Transfer in den Alltag der Menschen zu unterstützen. In der konzeptionellen Entwicklung wurden Aspekte der Nachhaltigkeit besonders berücksichtigt. Die niedrigschwellige, multimediale und regionale Ausbildung von Multiplikator\*innen sorgt für einen ökonomischen Einsatz von Personalressourcen respektive geringem Anteil von Personalausfällen in der Versorgung. Ferner vermeiden die near-the-job-Maßnahmen und Netzwerkstrukturen unnötige Reiseaufwände. Grundsätzlich unterstützen die Technologien nachhaltig einen effizienten Personaleinsatz bei erheblich zunehmendem Fachkräftemangel im Kontext demographischer Entwicklungen. Das Missverhältnis zwischen Anforderungen an Gesundheits- und Pflegeleistungen auf der einen, und dem Fachkräfteangebot auf der anderen Seite wird nur durch unterstützende und entlastende Systeme zu gewährleisten sein. Indirekt wird eine effizientere Nutzung von Ressourcen wie Energie und Wasser durch die Verwendung von intelligenten/

smarten Steuerungssystemen für Beleuchtung, Herdüberwachung, Wassermanagement wie auch die Verwendung von energieeffizienten Geräten gefördert. Die ethische Bewertung von Technologien in der Pflege ist ebenfalls ein zentraler Aspekt der Nachhaltigkeit. Letztendlich wird es nur durch die Wahrung des Datenschutzes, der Privatsphäre und der Berücksichtigung von sozialen und ethischen Aspekten gelingen, die Selbstständigkeit und Lebensqualität zu fördern und die Qualität der pflegerischen Versorgung zu erhöhen.

### Projekt

Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes DIKOMED-BW wird die Digitalkompetenz von medizinischen Leistungserbringern, primär der Ärzteschaft und Pflegeprofession fokussiert. An der Dualen Hochschule Baden-Württemberg in Heidenheim wurde mit Akteuren aus den Gesundheits-, Pflege- und Sozialwissenschaften ein Schulungskonzept zur Ausbildung von Multiplikator\*innen in der Anwendung von Active Assisted Living-Technologien (AAL) entwickelt, um eine nachhaltige und dauerhafte Etablierung dieser in den verschiedenen Lebenswelten der potenziellen Anwender\*innen zu fördern.

Die grundlegende Inhalts- und Bedarfsanalyse erfolgte über eine strukturierte Literaturrecherche sowie ein leitfragengestütztes Fokusgruppeninterview mit sieben Expert\*innen der Pflegepraxis, Pflegemanagement, Wirtschaft, Sozialpolitik und Hochschullehre. Die Transkription und Auswertung der Interviewinhalte erfolgte über die statistische Analysesoftware „MaxQDA“.

Die Konzeptentwicklung basiert auf einer modularen, problembasierten Blended-Learning-Struktur in einem Gesamtumfang von 60 Unterrichtseinheiten, verteilt auf drei Tage Präsenz und zwei Tage Online-Lernaktivitäten.

Die Pilotierung erfolgte über zwei Kohorten mit insgesamt 29 Pflegekräften der Leitungsebene und direkten Versorgung. Begleitend erfolgte eine qualitative und quantitative Evaluation über die Umfragesoftware „Unipark“. Begleitend wurden teilnehmende Beobachtungen und Aktionsforschungen zur inhaltlichen, technologischen und methodisch-didaktischen Weiterentwicklung der Multiplikator\*innenschulung durchgeführt.

Des Weiteren wurde, im Sinne des Living-Labs,

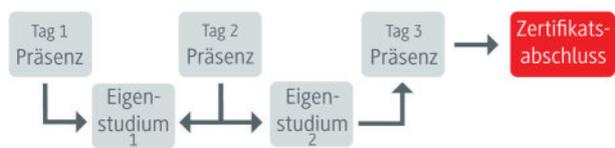


Abb. 1: Eigene Darstellung Schulungsstruktur

eine zweitägige Informationsveranstaltung für die Öffentlichkeit mit mehr als 200 Gästen durchgeführt. Im primären Fokus stand die qualitative Nutzenbewertung (z.B. Usability und ökonomische Aspekte) von AAL-Technologien durch verschiedene Nutzer\*innengruppen.

## Ergebnisse

Die primären Erkenntnisse der qualitativen und quantitativen Begleitevaluation in Bezug auf die Herausforderungen in der Umsetzung von (AAL-) Technologien lassen sich im Folgenden zusammenfassen:

- Vorherrschende unzureichende Finanzierungsstruktur von Technologien
- Mangelnde Praxistauglichkeit einiger Technologien (Technokratische Entwicklungen mit unzureichender Bedarfs- und Nutzenorientierung)
- Mangelnde grundlegender Systemressourcen (z.B. Netzanbindung, Infrastruktureller Zugang)
- Unzureichende Sicherheit, Zuverlässigkeit und Supportstrukturen
- Fehlende Interoperabilität der Anwendungen
- Nutzerbezogene Wissens- und Kompetenzdefizite
- Ungeklärte Strukturierung der Technologien, intransparente Nutzenbewertungen
- Fehlende Netzwerkstrukturen (Bewertung der Technologien, Update zu Neuentwicklungen, Anbieterunabhängige, neutrale Bewertung, inhaltlicher Support für Multiplikator\*innen)

Die Ergebnisse unterstreichen die Herausforderungen an den grundlegenden Systemressourcen, die Bedarfe zur Normierung und Taxonomierung der Technologien, zur Finanzierung bei Pflegebedürftigkeit sowie zur formalen Prüfung bei Verwendung gesundheitsbezogener Daten.

Die inhaltlichen und methodischen Evaluationen der Schulung bestätigen die ausgewählten Inhalte

sowie das methodisch-didaktische Vorgehen und identifizieren einen Differenzierungs-, weiterführenden Betreuungs- und Vertiefungsbedarf für die Multiplikator\*innen. Die Nachfrage nach einer weiteren Anbindung an eine Netzwerkstruktur sowie Hintergrundinformationen zu laufenden Innovationen erfolgen vor dem Hintergrund dynamischer Innovationen, technischer Entwicklungen, individueller Implementierungen in der Häuslichkeit und einer zunehmenden Nachfrage der primären Nutzer\*innengruppe.

## Quellen

Braeseke, G., Kulas, H., Pflug, C., Pörschmann-Schreiber, U., Tisch, T., & Wentz, L. (2020). Umfrage zum Technikeinsatz in Pflegeeinrichtungen ( UTiP ). [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5\\_Publikationen/Pflege/Berichte/2020-06-26\\_IGES\\_UTiP\\_Sachbericht.pdf](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Pflege/Berichte/2020-06-26_IGES_UTiP_Sachbericht.pdf)

Sailer, M. & Mahr, A. (ed.) (2021). Active Assisted Living. Anwendungsszenarien und Lösungsansätze für ein selbstbestimmtes Leben. Springer VS, Wiesbaden. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-658-34335-4>

Weiß, C., Stubbe, J., Naujoks, C., & Weide, S. (2017). Digitalisierung für mehr Optionen und Teilhabe im Alter. Bertelsmann Stiftung, 52.

## Projekt InPortant

Ausschöpfung ambulanter Versorgungspotenziale zur Gestaltung einer Übergangsvorsorgung durch ein sektorenübergreifendes und quartiersbezogenes Case-Management. Eine Mixed-Method Studie zur Entwicklung einer komplexen Intervention

Sabrina Zielasko, Julian Marx, Sarah Meidlinger (Wohlfahrtswerk für Baden-Württemberg), Milena Kalla, Stefan Nöst (DHBW Stuttgart), Anette Knapper, Melanie Kober (Wohlfahrtswerk Altenhilfe gGmbH), Thomas Bender (Robert-Bosch-Krankenhaus)

### Ausgangssituation

Die Gesundheit aller Menschen ist eines der insgesamt 17 globalen Ziele zur nachhaltigen Entwicklung der Welt (United Nations, 2015). Zur Erhaltung, Förderung und Regeneration von Gesundheit zählt auch die Gewährleistung einer kontinuierlichen und interprofessionellen Gesundheitsversorgung. Die Kontinuität der gesundheitlichen Versorgung gilt daher als ein nachhaltiges Qualitätsziel von Gesundheitssystemen weltweit (World Health Organization, 2018). Die Schnittstellenprobleme an den Sektorengrenzen des deutschen Gesundheitssystems gefährden allerdings diese Versorgungskontinuität. Insbesondere Entlassungen von pflegebedürftigen Patient\*innen aus dem Krankenhaus gehen oftmals mit Versorgungsbrüchen einher, die auf eine zunehmende Morbidität, die Verkürzung der Krankenhausverweildauern und nicht zuletzt auch auf die zögerlichen Reformen zur Aufgabenteilung im deutschen Gesundheitswesen zurückgeführt werden können. Die Folgen sind seit vielen Jahren bekannt und angemahnt: Unerwünschte Arzneimittelinteraktionen, Komplikationen, Verlust von Lebensqualität, Inanspruchnahme von Notfallambulanzen und Wiedereinweisungen (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen [SVR], 2012). Diese Folgen sind prinzipiell durch ein sektorenübergreifendes und koordiniertes Entlass- und Übergangsmanagement vermeidbar, das die individuellen und multiplen Unterstützungsbedarfe von pflegebedürftigen Menschen berücksichtigt und aufgreift (Deutsches Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege [DNQP], 2019; Wiedenhöfer et al., 2010). Bei der Umsetzung eines kranken-

hausgeleiteten Entlassungsmanagements, wie vom Gesetzgeber im SGB V verankert, werden allerdings ambulante Versorgungsressourcen, die in Quartiersstrukturen eingebettet sind, häufig nicht ausgeschöpft (Deimel & Müller, 2012). Hier setzt das Forschungsvorhaben „InPortant“ (Interdisziplinäre Patientenorientierte Transition) an. Ziel des Vorhabens ist es, eine Intervention zu entwickeln, die sich an multiplen Bedarfen pflegebedürftiger Patient\*innen ausrichtet, ambulante Versorgungspotenziale zur Übergangsvorsorgung berücksichtigt und in der Praxis zu einer nachhaltigen Verbesserung der Qualität und Patient\*innensicherheit führt.

### Projektdurchführung

Im Rahmen einer zweijährigen Projektlaufzeit wird beispielhaft eine Intervention zur Übergangsvorsorgung entwickelt, modellhaft erprobt und evaluiert. Unter Übergangsvorsorgung wird ein geplanter und professionell begleiteter Wechsel einer Patient\*in von der stationären in die ambulante Weiterversorgung verstanden. Das Vorhaben orientiert sich dazu an den theoretischen Konzepten des Transitional Care-Ansatzes (Dangel et al., 2019) und methodisch am Framework des britischen Medical Research Council (MRC) zur Entwicklung komplexer Interventionen (Skivington et al., 2021). Im Zentrum der Intervention stehen (1.) die Definition einer neuen Case-Management-Rolle im ambulanten Setting und (2.) die damit verbundene Gestaltung des Prozesses der Übergangsvorsorgung aus dem Krankenhaus ins Wohnquartier. Korrespondierend mit dem MRC-Framework erfolgt in einem ersten Schritt eine Bestandsaufnahme und Analyse der bestehenden Strukturen, Prozesse, Schnittstellen und Steuerungspotenziale in einer losen Kooperation zwischen ambulanten Diensten in einem urbanen Wohnquartier und einem angrenzenden Krankenhaus. Davon ausgehend werden in einem zweiten Schritt eine maßgeschneiderte Intervention regelgeleitet entwickelt (Bleijenberg et al., 2018). Maßnahmen zur Verbesserung der Kommunikation und Koordination, wie z.B. sektorenübergreifende Fallbesprechungen, werden dabei genauso berücksichtigt wie auch digitale Kommunikationstechniken zur Verbesserung der Informationsweitergabe. Auf Basis der Ergebnisse dieser IST-Analyse wird dann die Intervention und

ein Wirkmodell mit Hypothesen formuliert und die Intervention iterativ pilotiert und evaluiert.

## Ergebnisse

Auf dem Forschungstag werden, mit Blick auf den geplanten Projektablauf, die Ergebnisse der ersten Analysen und die entwickelte Intervention modellhaft berichtet und die Implikationen ausblickend diskutiert. Der entwickelte Prozess sowie die Case-Management-Rolle werden im Rahmen des Projekts u.a. in Bezug auf Qualität, Kontinuität, Umsetzbarkeit und Zufriedenheit der beteiligten Akteure evaluiert. Wesentliche Beachtung finden dabei auch Erkenntnisse zur Machbarkeit und Möglichkeiten der Übertragbarkeit in ähnliche Versorgungssettings. Im Anschluss werden die Handlungsempfehlungen und Transfermöglichkeiten für die Praxis erarbeitet, die nach Projektende auch anderen Trägern und Quartieren als Transferstütze zur Verfügung stehen, um einen möglichst großen Beitrag zu einer nachhaltigen Sicherung der pflegerischen Versorgung zu leisten.

## Quellen

Bleijenberg, N., Man-van Ginkel, J. M. de, Trappenburg, J. C. A., Ettema, R. G. A., Sino, C. G., Heim, N., Hafsteindóttir, T. B., Richards, D. A. & Schuurmans, M. J. (2018). Increasing value and reducing waste by optimizing the development of complex interventions: Enriching the development phase of the Medical Research Council (MRC) Framework. *International Journal of Nursing Studies*, 79, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2017.12.001>

Dangel, B., Schmithals, J. & Zengler. (2019). Literaturstudie zum Expertenstandard Entlassungsmanagement in der Pflege: 2. Aktualisierung 2019. In Deutsches Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (Hrsg.), *Expertenstandard Entlassungsmanagement in der Pflege: 2. Aktualisierung* (S. 52–187).

Deimel, D. & Müller, M.-L. (Hrsg.). (2012). *Kma-reader. Entlassmanagement: Vernetztes Handeln durch Patientenkoordination*. Georg Thieme Verlag.

Deutsches Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (Hrsg.). (2019). *Expertenstandard Entlassungsmanagement in der Pflege: 2. Aktualisierung*.

Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen (Hrsg.). (2012). *Wettbewerb an der Schnittstelle zwischen ambulanter und stationärer Gesundheitsversorgung. Sondergutachten 2012*. Deutscher Bundestag. Drucksache17/10323.

Skivington, K., Matthews, L., Simpson, S. A., Craig, P., Baird, J., Blazeby, J. M., Boyd, K. A., Craig, N., French, D. P., McIntosh, E., Petticrew, M., Rycroft-Malone, J., White, M. & Moore, L. (2021). A new framework for developing and evalu-

ating complex interventions: update of Medical Research Council guidance. *BMJ (Clinical research ed.)*, 374, n2061. <https://doi.org/10.1136/bmj.n2061>

United Nations (Hrsg.). (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1.

Wiedenhöfer, D., Eckl, B., Heller, R. & Frick, U. (Hrsg.). (2010). *Programmbereich Pflege. Entlassungsmanagement: Versorgungsbrueche vermeiden, Schnittstellen optimieren* (1. Aufl.). Verlag Hans Huber.

World Health Organization (Hrsg.). (2018). *Continuity and coordination of care: A practice brief to support implementation of the WHO Framework on integrated people-centred health services*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/274628>

## Nachhaltigkeit von Implementierung am Beispiel der Hebammensprechstunde

Anja Siegle (DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

Die Nachhaltigkeit von Gesundheitsinterventionen kann definiert werden als „a process that emerges from and succeeds innovation implementation, wherein improvements are maintained, new ways of working become routine, surrounding systems are transformed in support and the innovation may even be developed, over a period of time.“<sup>1</sup> Charakterisiert wird Nachhaltigkeit von Gesundheitsinterventionen somit durch drei Merkmale:

- die Institutionalisierung bzw. Umsetzung in die Routine (institutionalization und routinization),
- den langfristigen Nutzen durch positive Outcomes (benefits) und
- die Entwicklung, also die Veränderung der Intervention bzw. deren Adaption an eine sich verändernde Umgebung (development).<sup>1</sup>

Die Nachhaltigkeit von Implementierung wird als Forschungsgegenstand mit hoher Priorität in der Implementierungsforschung herausgestellt.<sup>2,3</sup> Zudem wird ein Bedarf an umfassenden und vollständigen Beschreibungen von Nachhaltigkeit gesehen.<sup>4</sup> Der Anteil an Innovationen im Gesundheitsbereich, die nicht langfristig und nachhaltig implementiert werden, liegt je nach Studie zwischen 33 und 70%.<sup>1</sup> Diese Tatsache stellt ein nicht zu vernachlässigendes Problem dar, denn eine mangelnde Nachhaltigkeit von Innovationen verschwendet erstens knappe finanzielle und personelle Ressourcen, trägt zweitens zur Unzufriedenheit der an der Einführung beteiligten Personen bei und bringt drittens für die Patientinnen und Patienten keinen Nutzen.<sup>1,5</sup>

Ziel des Beitrags ist die Erläuterung und Darlegung der Nachhaltigkeit einer Implementierung von Hebammensprechstunde anhand ausgewählter Ergebnisse.

### Methodisches Vorgehen

Im Rahmen eines Explanatory-Sequential-Mixed-Method-Designs wurde unter anderem der Frage nachgegangen inwieweit ein Implementierungserfolg der Hebammensprechstunde gemessen an Nachhaltigkeit erkennbar ist. In zwei Kliniken (Klinik A: ärztlich-geleitet, 2.400 Geburten/Jahr; Klinik B: ärztlicher und hebammengeleiteter Kreißsaal, 1.700 Geburten/Jahr) wurden die Dokumente der Hebammensprechstunde (n=154) analysiert und semi-strukturierte, qualitative Interviews mit acht Frauen, zehn Hebammen, acht Ärztinnen und Ärzten und acht Führungskräften durchgeführt, auf Tonband aufgenommen, transkribiert und mit Framework-Analysis ausgewertet.

### Ergebnisse

Strukturelle Indikatoren der Institutionalisierung zeigen sich z.B. an der Freistellung von Hebammen im Kreißsaal für einen Einsatz in der Hebammensprechstunde und der Bereitstellung eines Raums für die Sprechstunde. Die Routinisierung beinhaltete die Abläufe der Hebammensprechstunde z.B. Terminvergabe über die Ambulanz. Zudem zeigt sich die Nachhaltigkeit in „Nutzen“ und „Entwicklung“ in beiden Kliniken. Als Nutzen bezogen auf die Frau nannten die Interviewteilnehmenden z.B. eine Senkung der sekundären Kaiserschnitte von 40% auf 35% sowie eine Senkung der medizinischen Interventionen wie z.B. Saugglocke, Zangengeburt. Die Frauen seien besser informiert und auf die Geburt vorbereitet. Auf die Wünsche, Ängste und Sorgen der Frau könne besser unter der Geburt eingegangen werden, denn diese seien dokumentiert und im Kreißsaal hinterlegt. In Bezug auf die zukünftige Weiterentwicklung der Hebammensprechstunde wird als wichtigstes Element von allen Interviewteilnehmenden aus beiden Kliniken die langfristige Finanzierung der Hebammensprechstunde genannt. Zudem muss die personelle Ausstattung an Hebammen langfristig gesichert sein, um die Hebammensprechstunde zuverlässig anbieten zu können.

## Schlussfolgerung

Eine Nachhaltigkeit der Hebammensprechstunde ist 2-3 Jahre nach der Implementierung in beiden untersuchten Kliniken erkennbar. Derzeit ist die Hebammensprechstunde eine freiwillige Leistung der Klinik. Eine dauerhafte Nachhaltigkeit steht und fällt mit der Finanzierung der Hebammensprechstunde für Kliniken<sup>6,7</sup> und der Personalausstattung.

## Quellen

1. Fleischer, A. R., Semenic, S. E., Ritchie, J. A., Richer, M. C., & Denis, J. L. (2015). The sustainability of health-care innovations: a concept analysis. *J Adv Nurs*, 71(7), 1484-1498.
2. Moore, J. E., Mascarenhas, A., Bain, J., & Straus, S. E. (2017). Developing a comprehensive definition of sustainability. *Implementation Science*, 12(1), 110.
3. Proctor, E., Luke, D., Calhoun, A., McMillen, C., Brownson, R. C., McCrary, S., & Padek, M. (2015). Sustainability of evidence-based healthcare: research agenda, methodological advances, and infrastructure support. *Implementation Science*, 10(1), 88.
4. Cowie, J., Nicoll, A., Dimova, E. D., Campbell, P., & Duncan, E. A. (2020). The barriers and facilitators influencing the sustainability of hospital-based interventions: a systematic review. *BMC Health Serv Res*, 20(1), 588-588.
5. Scheirer, M. A., & Dearing, J. W. (2011). An agenda for research on the sustainability of public health programs. *Am J Public Health*, 101(11), 2059-2067.
6. Styles, C., Kearney, L., & George, K. (2020). Implementation and upscaling of midwifery continuity of care: The experience of midwives and obstetricians. *Women Birth*, 33(4), 343-351.
7. Reszel, J., Weiss, D., Sprague, A. E., Fell, D. B., Dunn, S., Walker, M. C., . . . Peterson, W. E. (2019). A mixed-methods evaluation of the MORE(OB) program in Ontario hospitals: participant knowledge, organizational culture, and experiences. *BMC Health Serv Res*, 19(1), 460.



**SESSION 2**

## **Hochwertige Bildung (SDG 4)**

**4** HOCHWERTIGE  
BILDUNG



## Nachhaltige (Lehr/Lern-)Materialien: zum Stand von OER an der DHBW

Sonja Philipp (DHBW Mosbach/Kompetenzzentrum OER)

### Ausgangssituation

Im Rahmen des Projektes EdCon untersucht das an der Studienakademie Mosbach angesiedelte Kompetenzzentrum OER das Gebiet der Open Educational Resources, kurz OER oder auch offene Bildungsmaterialien genannt. Diese werden von der UNESCO definiert als "Lern-, Lehr- und Forschungsmaterialien, in jedem Format und Medium, die gemeinfrei sind oder urheberrechtlich geschützt und unter einer offenen Lizenz veröffentlicht sind, wodurch kostenloser Zugang, Weiterverwendung, Nutzung zu beliebigen Zwecken, Bearbeitung und Weiterverbreitung durch Andere erlaubt wird" und als ein zentraler Schlüssel zur Erreichung des Sustainable Development Goal 4 (Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern) benannt (UNESCO - Empfehlung zu Open Educational Resources (OER), 2019; Ziele für eine nachhaltige Entwicklung weltweit | Bundesregierung, o. J.). Essentiell für die nachhaltige Weiterverwendung ist die offene Lizenzierung, die in der Praxis häufig mit den, auch von juristischen Laien verständlichen, Creative Commons Lizenzen realisiert wird. (Kreutzer & Hirche, 2018). Dabei tragen OER den Möglichkeiten und Herausforderungen der Digitalen Transformation in Lehre und Gesellschaft Rechnung. Ihr volles Potenzial entfalten sie im Zusammenhang mit "Open Educational Practices" (OEP), die evaluierten Wissenserwerb fördern (BMBF, 2022; Cronin, 2017).

Dieser Beitrag soll einen Eindruck vom derzeitigen Wissensstand, Einstellungen und Vorerfahrungen zu OER von Personen, die an der DHBW in der Lehre tätig sind, vermitteln.

### Methodisches Vorgehen

Die Befragung wurde mittels Onlinefragebogen von Mitte Januar 2023 bis Anfang April 2023 durchgeführt. Die Fragen waren in die Themencluster „Wissen über Offene Bildungsressourcen“, „Allgemeine Einstellung zum Thema Offene Bildungsressourcen und Contentsharing“, „Offene

Bildungsressourcen in die eigene Lehre Einbinden (OER anderer Nutzen)“, „Offene Bildungsressourcen der Lehrenden (eigene OER erstellen/teilen“, „Contentsharing an der DHBW“ und „Weiterbildung zum Thema Offene Bildungsressourcen“ aufgeteilt. Grundlegend explorativ trug die Ausrichtung dem Umstand Rechnung, dass der Begriff OER, der die offene Lizenzierung konkret impliziert, oft noch nicht klar von „Materialien, die im Internet zu finden sind“ oder „die kostenlos sind“ abgegrenzt werden können. Auch die oft im Zusammenhang mit digitalisierter Lehre und mit OER im Speziellen diskutierten Fragen der Lizenzierung, Rechtssicherheit und Qualifikation zu OER wurden mitberücksichtigt (Ebner et al., 2015; Gabellini et al., 2021). Um möglichst viele Lehrende über alle Standorte hinweg zu erreichen wurde das Netzwerk des Projekts EdCon genutzt, wodurch die an den einzelnen Standorten angesiedelten Mitarbeitenden die dortigen Distributionskanäle bespielen konnten. Die Aufbereitung und Auswertung der Daten wurde mit JASP und MS Excel durchgeführt.

### Ergebnisse

Insgesamt füllten 78 Personen den Fragebogen aus. Bis auf Heidenheim gab es Rückmeldung von allen Standorten. Die Teilnehmenden kamen in 51% der Fälle vom Standort Mosbach, die restlichen 49% kamen zu verschiedenen Anteilen von anderen Standorten. 67% waren Lehrbeauftragte, 15% hauptamtliche Professor\*innen.

55% der Befragten gaben an zu wissen, was hinter dem Begriff der OER steckt, 43% wussten nach eigenen Angaben, was CC-Lizenzen sind. Die eingangs beschriebene Beobachtung in anderen Kontexten, dass der Begriff OER oft noch undeutlich abgegrenzt wird, kann auch für die DHBW bestätigt werden. So stimmten von den Personen, die angaben zu wissen, was hinter OER steht, den Aussagen "Materialien, die verändert wurden und wieder öffentlich publiziert werden können." und „Materialien, die ohne Login oder Account für Nutzer frei zugänglich sind.“ in sehr unterschiedlichem Ausmaß zu, obwohl beide Items in ihrer positiven Formulierung die definierenden Eigenschaften von OER beschreiben.

Die Einstellung zu OER ist grundsätzlich positiv. So wird beispielsweise den Aussagen, OER erleich-

terten den Wissensaustausch, sorgten für vielfältigere Materialien für die Lehrsituation und ermöglichten einen fachlichen Austausch zwischen Lehrenden in der Tendenz eher zugestimmt.

44% der Befragten gaben an, sich zum Thema OER informiert zu haben, 34% hatten OER schon einmal in der eigenen Lehre eingesetzt. Hier stellt sich allerdings die Frage, ob hierbei OER im engeren Sinne oder Content im Allgemeinen verstanden wird. So geben jeweils nur a) 19% an zu wissen, wo auf dem gemeinsamen Moodle OER-Material bzw. für die DHBW intern nutzbares Material zu finden ist und b) 18% das Zentrale OER-Repository der Hochschulen in Baden-Württemberg (ZOERR) zu kennen. Lediglich 11% der Befragten gaben an, die Suchmaschine für freie OER-Inhalte in der Hochschullehre „OERSI“ (Open Educational Resources Search Index) zu kennen.

65% der Befragten gaben an, in der Vergangenheit bereits Materialien mit Kolleg\*innen ausgetauscht zu haben. Hier stellt das gezielte Teilen mit Kolleg\*innen den üblichen Rahmen dar, sechs der Befragten hatten bereits OER unter einer CC-Lizenz veröffentlicht.

Die Personen, die bisher noch keine Materialien geteilt hatten, waren größtenteils bereit dazu, vor allem gezielt mit Kolleg\*innen (68%) oder innerhalb des eigenen Studiengangs (52%), seltener unter einer freien CC-Lizenz (24%). Wurden Bedingungen an eine mögliche Veröffentlichung geknüpft (50%) wurde hier vor allem rechtliche Sicherheit genannt (69%).

Weiterhin war von Interesse, ob die Befragten innerhalb der DHBW Stellen kannten, an die sie sich a) in Sachen Urheberrechtsfragen wenden und b) bezüglich OER wenden konnten. Bei Urheberrechtsfragen war 29% der Befragten Ansprechperson/-stelle bekannt, bei OER gaben dies 50% an.

Die meisten Befragten (84%) hatten noch nicht an einer Qualifikationsmaßnahme zum Thema OER teilgenommen. Dabei hatten bis auf 10% der Befragten grundsätzlich Interesse an einer solchen.

Als Gesamteindruck stellt sich heraus, dass OER an der DHBW derzeit noch eher ein Nischenphänomen darstellen, wenngleich eine grundlegende

Bereitschaft zum Teilen von Materialien besteht. Das Kompetenzzentrum OER sieht sich hier in der Verantwortung, als Kontakt- und Koordinationsstelle für Fragen zu Nutzung, Erstellung und Veröffentlichung für Lehrende bereitzustehen, wenn diese eine Veröffentlichung unter einer freien Lizenz in Erwägung ziehen. Dies entspricht auch den Empfehlungen anderer Beobachtungen (Otto, 2022).

## Quellen

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), R. I. S. (Hrsg.). (2022). OER-Strategie – Freie Bildungsmaterialien für die Entwicklung digitaler Bildung. 24.

Cronin, C. (2017). Openness and Praxis: Exploring the Use of Open Educational Practices in Higher Education. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 18(5). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i5.3096>

Ebner, M., Köpf, E., Muuß-Merholz, J., Schön, M., Schön, S., & Weichert, N. (2015). Ist-Analyse zu freien Bildungsmaterialien (OER): Die Situation von freien Bildungsmaterialien (OER) in Deutschland in den Bildungsbereichen Schule, Hochschule, berufliche Bildung und Weiterbildung im Juni 2015. Books on Demand.

Gabellini, C., Gallner, S., Imboden, F., Kuurstra, M., & Tremp, P. (2021). Lehrentwicklung by Openess – Open Educational Resources im Hochschulkontext. Dokumentation der Tagung vom 06. März 2021. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5004445>

UNESCO - Empfehlung zu Open Educational Resources (OER). (2019). [https://www.unesco.de/sites/default/files/2020-05/2019\\_Empfehlung%20Open%20Educational%20Resources.pdf](https://www.unesco.de/sites/default/files/2020-05/2019_Empfehlung%20Open%20Educational%20Resources.pdf)

Otto, D. (2022). Die Förderung von Open Educational Resources (OER) in der Hochschule. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 17, 217–236. <https://doi.org/10.3217/zfhe-17-02/12+>

Ziele für eine nachhaltige Entwicklung weltweit | Bundesregierung. (o. J.). Die Bundesregierung informiert | Startseite. Abgerufen 6. April 2023, von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/agenda-2030-355966>

## OER als Katalysator für innovative Bildung in Hochschule und Beruf

Eine Hybrid-Delphi-Studie

Ulf-Daniel Ehlers, Fiona Schmidbauer (DHBW Karlsruhe)

### Ausgangssituation

Seit fast dreißig Jahren ist Open Education bereits Bestandteil der Bildungsforschung und -praxis (siehe Ehlers, 2020 für „Open Educational Practice“, Zawacki-Richter et al., 2020). Damit hat auch das Konzept der „Open Educational Resources“

system eingebettet sind, das OER-Aktivitäten, -Akteure und -Praktiken vernetzt. OER sind zwar mittlerweile in großer Zahl und mit hoher Qualität vorhanden (Ehlers et al., 2014) – die Adaption von freiem, offenen Lernen erfordert allerdings einen Kulturwandel in der Bildung, an Hochschulen wie auch in der beruflichen Weiterbildung (Ehlers, 2014). Dafür wurde das ENCORE+ Projekt ins Leben gerufen, das Institutions- und Qualitätskonzepte zu OER vernetzt, die Potenziale von OER als Microcredentials weiter untersucht und der Frage nachgeht, wie Start-Up Services die europaweite Aufnahme von OER unterstützen können.



Abb. 1: Ablauf der Studie

(OER), offen zugänglicher digitaler Wissensressourcen und Bildungsangebote im Internet, sowohl technische als auch didaktische Erfolge zu verzeichnen (Ehlers & Conole, 2010). Heutzutage stehen OER einfacher, technologisch zugänglich und besser katalogisiert zur Verfügung (Ehlers et al., 2014), doch trotz der allgegenwärtigen Verfügbarkeit sind OER bisher nur bruchstückhaft und am Rande in die gängige Bildungspraktik integriert. Dies steht im Widerspruch zu politischen Forderungen und Erwartungen, wie der „UNESCO 2019 Recommendation on OER“ oder den Zielen für nachhaltige Entwicklungen aus der „Agenda 2030“, in der sich die Weltgemeinschaft im SDG4 darauf geeinigt hat, inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung zu gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle zu fördern. Dazu können OER einen großen Beitrag leisten, wenn sie in ein nachhaltiges OER Öko-

### Eine gemeinsame Vision für OER in Europa

Um das europäische OER Ökosystem aufzubauen und mit einer positiven, gemeinsamen Vision zu einem Kulturwandel in der Bildung beizutragen, wurde im Rahmen des ENCORE+ Projekts von Ehlers und Schmidbauer (2022) eine Hybrid-Delphi-Studie durchgeführt. Mehr als 40 OER-Expert:innen wurden über einen Zeitraum von 6 Monaten gebeten, eine plausible und positive Vision für OER in Europa 2030 zu entwickeln. Um einen Gruppenkonsens zu finden, war ein iterativer Prozess notwendig, weshalb die Delphi-Methode als geeignetes Forschungsformat gewählt wurde (siehe Landeta et al., 2011; Niederberger, 2018). Zusätzlich zur traditionellen Delphi-Methode wurde in dieser Delphi-Studie ein Sondierungsgremium von Expert:innen zur Konsultation und Synthese der Ergebnisse eingesetzt, weshalb die Methode als Hybrid-Delphi-Studie bezeichnet

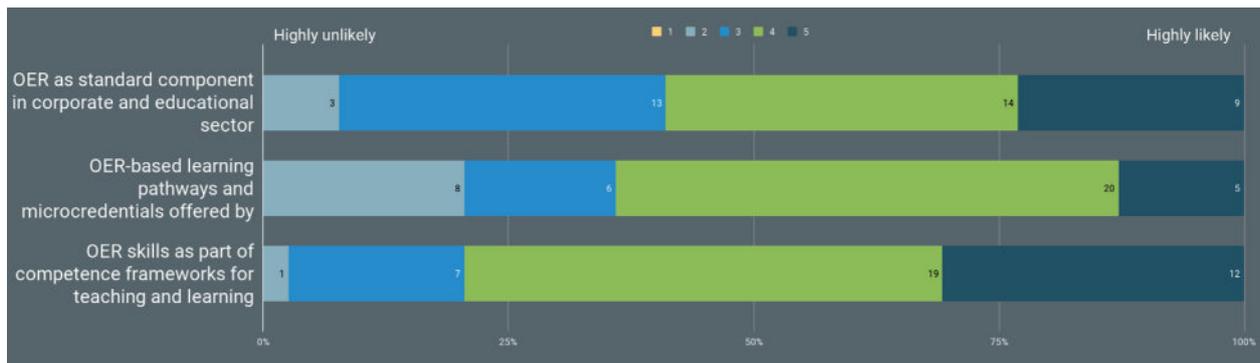


Abb. 2: Expert:innenbewertung aller Statements nach ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit in 2030; n=39

net wird. „Thematic Peer Groups“ (TPGs) als eine Form der Fokusgruppe wurden mit einer Online-Umfrage kombiniert, um zukünftige OER-Szenarien von den Expert:innen in mehreren Runden gemeinsam entwickeln und bewerten zu lassen (siehe Abb. 1).

### Ergebnisse

Ergebnis der Studie ist eine Vision für die Zukunft von OER in Europa bis 2030, die beispielsweise einen Ausblick darauf bietet, dass in Zukunft OER eine Standardkomponente von Lehrplänen und Lernmaterialien in der Hochschulbildung sein werden. Die Expert:inneneinschätzung ergab außerdem, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Großteil von OER Datenbanken dazu in der Lage sein wird, in Kooperation mit Hochschulen Microcredentials anzubieten und somit individuelle Lernwege zu unterstützen. Auch die Wahrscheinlichkeit, dass OER bis 2030 Einzug in Kompetenzrahmen für Lehrende und Lernende in Hochschulstrukturen halten, wurde als hoch bewertet.

### Ausblick

Um auf globale Chancengleichheit in der Bildung hinzuarbeiten, muss die Zukunft der Bildung offen sein. Eine der wichtigsten Voraussetzungen dafür ist die Einbindung von Akteuren im Bildungsbereich in diesen Prozess. Die vorgestellte Studie trägt die Einschätzung der Expert:innen für die Zukunft von OER in Europa aus der „Filterblase OER“ hinaus und leistet damit einen Beitrag zum Ziel 4 „Hochwertige Bildung“ für nachhaltige Entwicklung der Agenda 2030 in Deutschland und Europa.

### Quellen

Ehlers, U.-D. (2020). Making Open Educational Practices real. The case of “The Grand Challenge 2020”. *Journal of e-*

*Learning and Knowledge Society*, 4(16), 56–66. <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135374>

Landeta, J., Barrutia, J. & Lertxundi, A. (2011). Hybrid Delphi: A methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(9), 1629–1641. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.03.009>

Niederberger, M. (2018). Das Gruppendelphi-Verfahren: Vom Konzept bis zur Anwendung. SpringerLink Bücher. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18755-2>

Zawacki-Richter, O., Conrad, D., Bozkurt, A., Aydin, C. H., Bedenlier, S., Jung, I., Stöter, J., Veletsianos, G., Blaschke, L. M., Bond, M., Broens, A., Bruhn, E., Dolch, C., Kalz, M., Kondakci, Y., Marin, V., Mayrberger, K., Müskens, W., Naidu, S., . . . Xiao, J. (2020). Elements of Open Education: An Invitation to Future Research. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(3), 319–334. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i3.4659>

## Gestaltung von nachhaltigen Lernprozessen in digitalen Bildungsangeboten durch Fokus auf Differenzierung und Individualisierung

Sara Brockmans (DHBW Karlsruhe), Dennis Wentzien (HS Pforzheim)

### Ausgangssituation und Vorgehen

Digitale Bildungsangebote erlebten in den letzten Jahren einen großen Zuwachs und bieten großes Potenzial für die Zukunft (Statista, 2022; HolonIQ, 2022). Schaut man in das heutige Angebot von Bildungs-Apps, findet man zahlreiche Optionen. Trotz der gebotenen Vielfalt im Education and Technology Markt und diesen guten Prognosen wurde von den Autoren dieses Beitrags keine Lern-App gefunden, mit der Lernprozesse nachhaltig gestaltet werden können. Dieser Beitrag widmet sich diesem Thema. Es wird ein Konzept für Lern-Apps vorgestellt, das aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse umsetzt und Ergebnisse von Interviews mit Eltern, Kindern und Lehrern berücksichtigt. Das Konzept bietet mehrere Bausteine, die im Zusammenspiel nachhaltige Lernprozesse ermöglichen.

### Funktionsweise des Gedächtnisses

Auch wenn es in der Wissenschaft umstritten ist, wie viele Gedächtnistypen es gibt, ändert sich nicht das Gesamtbild (Baddely, et al., 2020, p. 10). Daher orientiert sich dieser Beitrag an dem weit verbreiteten Ansatz, wobei nach drei Typen unterschieden wird: einem sensorischen Gedächtnis, einem Kurzzeit- und einem Langzeitgedächtnis.

Das sensorische Gedächtnis speichert Informationen der Sinnesorgane für eine sehr kurze Zeitdauer. Die Informationsmenge ist dabei äußerst groß, allerdings werden nicht alle Informationen bewusst. (Metzig & Schuster, 2020, pp. 16, 19).

Im Kurzzeitgedächtnis werden bewusst wahrgenommene Informationen hinterlegt. Die Kapazität dieses Gedächtnisses ist beschränkt und die hier aufgenommenen Informationen werden nur zwischengespeichert und verschwinden wieder. Miller beschreibt in einem Artikel, dass ungefähr sieben Elemente mit einem Spielraum von plus minus zwei im Kurzzeitgedächtnis hinterlegt werden können (Miller, 1956). Wie lange Informati-

onen im Kurzzeitgedächtnis erhalten bleiben, ist nicht abschließend geklärt. Schätzungen gehen von drei bis vier Minuten aus (Metzig & Schuster, 2020, pp. 21-24).

Im Langzeitgedächtnis bleiben Informationen am längsten erhalten. Das Wissen über die Muttersprache oder auch Erinnerungen aus vergangenen Zeiten wie der Kindheit lassen sich hier wiederfinden (Metzig & Schuster, 2020). Beim Lernen ist das Ziel, die Informationen in diesem Teil des Gedächtnisses zu verankern. Damit dies gelingt, gibt es verschiedene Erfolgsfaktoren, wie die insgesamt aufgewendete Lernzeit, die Verteilung des Stoffes in kleinere Einheiten, die antreibende Motivation sich das Wissen anzueignen, die verfügbare Aufmerksamkeit beim Lernen als auch der Schlaf und die Konsolidierung zur Festigung des Gelernten (Baddely, et al., 2020, pp. 115-141). Dem Gehirn müssen die richtigen Anreize gegeben werden, damit neue Informationen in das Langzeitgedächtnis gelangen.

### Spaced Repetition als Wiederholungskonzept

Ebbinghaus, der als Pionier der kognitiv-psychologischen Forschung gilt, hat bereits 1913 in einer Studie, die er an sich selbst durchführte, herausgefunden, dass bereits nach 20 Minuten nur ca. 60% des Gelernten erhalten bleibt (Baddely, et al., 2020, pp. 114, 280). Nach neun Stunden reduziert sich dies auf nur noch 40% Prozent, während die Vergessenskurve mit der Zeit immer weiter abflacht. Wird der gelernte Stoff einer Wiederholung unterzogen, beginnt die Kurve von neuem. In Abbildung 1 zeigt die weiße gestrichelte Linie, wie sich die gemerkten Informationen mit der Zeit, ohne eine weitere Wiederholung, verringern würden. Durch jede weitere Wiederholung verlangsamt sich dieser Prozess, wodurch die Kurve flacher wird.

Es könnte nun in den Sinn kommen, den zu lernenden Stoff ständig zu wiederholen. Dies hat sich allerdings als weniger erfolgreich herausgestellt als eine stufenweise Wiederholung, die auch Spaced Repetition genannt wird (Smolen, et al., 2016). Wie zuvor erwähnt wurde, ist einer der Erfolgsfaktoren beim Lernen die Verteilung des Stoffes auf eine größere Zeitspanne (Baddely, et al., 2020, p. 120). Stundenlanges Lernen am Stück, ohne Pausen zwischen den Wiederholun-

gen, hilft nicht dabei, Wissen dauerhaft zu bewahren. Unter diesem Erfolgsfaktor gliedert sich der Effekt Spaced Repetition ein.

Dabei werden die Wiederholungsintervalle optimiert, damit das erlangte Wissen für den Schüler langfristig erhalten bleibt.

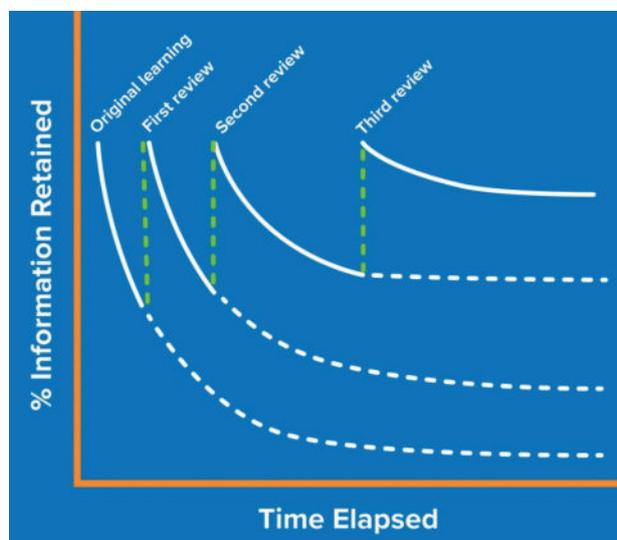


Abb. 1: Vergessenskurve nach Ebbinghaus und das Abflachen durch Wiederholungen, Quelle: [www.mindtools.com](http://www.mindtools.com)

### Gestaltung von nachhaltigen Lernprozessen

Das erarbeitete Konzept ermöglicht eine Individualisierung des Lernprozesses für jeden Schüler und lässt eine Differenzierung der Inhalte, des Schwierigkeitsgrades und der Frequenz nach Lernstand zu. Das erarbeitete Wiederholungssystem beruht auf dem „Spaced Repetition“ Ansatz, womit das Gelernte effektiv und vor allem nachhaltig im Langzeitgedächtnis verankert wird. Eine ständige Wiederholung ist nicht notwendig und auch nicht motivierend. Es wurde gezeigt, dass eine stufenweise Wiederholung, angepasst an die konkreten Wiederholungsbedürfnisse der jeweiligen Schüler, nachhaltiger ist. Außerdem wurde ein Belohnungssystem anpassbar aufgebaut, das eine intrinsische und somit nachhaltige Motivation bei den Schülern bewirkt. Zudem bezieht das Konzept Eltern und Lehrer eng in den Lernprozess ein, was eine unabkömmliche Bedingung für die Nachhaltigkeit des Lernens ist.

### Evaluation und Ausblick

Erste Evaluationsergebnisse mit einer prototypischen Implementation des erarbeiteten Konzepts zeigen, dass die vorausgesetzten Ziele durch das Zusammenspiel der oben genannten Bestandteile erreicht werden können. Es zeigt sich, dass das Konzept auf jeden Fall Weiterentwicklungspotenzial für die Zukunft mitbringt.

### Quellen

Baddely, A., Eysenck, M. W. & Anderson, M. C. (2020). Memory. 3. Auflage Hrsg. New York: Routledge

HolonIQ (2022). Global EdTech Venture Capital Report - Full Year 2021. [Online] Available at: <https://www.holoniq.com/notes/global-edtech-venture-capital-report-full-year-2021> [Zugriff am 26. April 2023].

Metzig, W. & Schuster, M. (2020). Lernen zu lernen: Lernstrategien wirkungsvoll einsetzen. 10. Auflage Hrsg. Berlin: Springer

Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. The Psychological Review, pp. 81-97.

Smolen, P., Zhang, Y. & Byrne, J. H. (2016). The right time to learn: mechanisms and optimization of spaced learning. Nature Reviews Neuroscience, Februar, pp. 77-88.

Statista, 2022. Anteil der Apps im App Store nach den Top-20-Kategorien in den USA im Januar 2022. [Online]

Available at: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/166976/umfrage/beliebtestekategorien-im-app-store/#professional> [Zugriff am 26. April 2023].

## Envision30@AuReLiA

Sabine Moebs, Anke Hutzschenreuter, Deogratias Shidende (DHBW Heidenheim)

### Introduction

Disability is a result of the failure of society to include all people and to deal with various individual impairments, such as physical, sensory, intellectual, or psychological impairments. An impairment is not a disability unless ignored by society [1].

In 2015, the United Nations (UN) adopted the 2030 Agenda, built on the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) and the principle of “leaving no one behind” [2]. The agenda sets out 17 interconnected Sustainable Developmental Goals (SDGs), some of which are focusing like #Envision2030, on equitable and inclusive quality education [3].

We drew mapping points from THE Impact Ranking Methodology [12]; e.g. SDG4 - Quality education. We will highlight activities in AuReLiA, for example collaborative research papers (#1.1.1), research exchange (#1.3.5) or first-generation students (#4.4.1).

AuReLiA (Augmented Reality Learning and Accessibility) laboratory aims to support #Envision2030. AuReLiA is currently developing an accessible augmented reality (AR) learning authoring tool based on open-source (OS) software, MirageXR, that allows teachers, regardless of their technical abilities or disabilities, to author AR learning scenarios [4]. The talk will include a short demo by the authors. Many existing AR authoring tools and their contents however pose barriers for people with disabilities and exclude them from benefiting from this technology [5], while their benefit is less a massive impact on learning outcome, but rather integration into a teaching environment [6].

### Background

Research has shown the positive impact of AR in education. Empirical results show that AR is more effective to students' gain of knowledge and deeper understanding of a topic than conventional non-AR instruction [7]. Additionally, it aids in the understanding and conceptualization

of the subject content [8]. Moreover, AR technology was found to significantly promote the students' motivation and attitude towards learning [8]. Finally, AR fosters the students' ability to apply and transfer knowledge and skills into actions or practices on the job or in real-world situations across educational levels which is of particular interest in dual education [9].

### Sustainability of AR education

At the same time research shows [10, 11] that the use of AR has a positive impact on the sustainability of an educational environment. A similar effect can be assumed for a currently at NM-AIST in Tanzania developed AR learning environment, which enables schools without chemistry laboratories to enhance the chemistry lessons.

In the following example of a research project, which is currently under way in AuReLiA, the PhD research explores how authoring of Augmented Reality Learning can be done following accessibility guidelines.

### Research Questions

In order to support the #Envision30@DHBW, the research intends to answer the following questions:

- What are the software requirements for developing accessibility features of an open-source AR learning authoring tool for users with non-technical backgrounds? (RQ1)
- How could an accessible AR learning authoring tool with accessibility features be designed to author the learning scenarios of higher learning institutions for non-technical educators? (RQ2)
- How could an AR learning authoring tool with accessibility features be evaluated for accessibility support in authoring learning scenarios of higher learning institutions? (RQ3)

### Research Approach

This research combines design-based research (DBR) and agile scrum methodology to answer its research questions. Both methods are well-known and complement each other. DBR is an iterative and pragmatic methodology that focuses on developing educational interventions [1], while Agile development in Scrum positively in-

fluences project management knowledge areas and project management triple constraints, i.e., scope, cost, and time [2]. The study, conducted in Germany and Tanzania is using qualitative and quantitative methods and follows the DBR phases iteratively. These phases are preliminary research, development, and assessment phases. The following table summarises the methodology used in each research question [3].

Research Question	Methodology
RQ1	Stakeholders workshop, Focus groups, interviews, and requirement engineering
RQ2	Design Science Research, Agile Methodology in Scrum
RQ3	Laboratory experiments, task execution, System usability scales, and Think Aloud Protocol

### A Vision for AuReLiA and the Stakeholders of DHBW - a Roadmap

AR learning, if prepared under consideration of accessibility, can open educational pathways currently not available. The research outlined above aims to develop an accessible, open-source tool for creating AR learning experiences. The tool will enable non-technical educators and trainers with different abilities to easily create AR content. The potential outcomes include increased adoption of AR technology in education, improved accessibility of AR learning experiences among learners and educators, advancements in open-source AR learning authoring tools by offering source code, increased collaboration among DHBW and partner companies and universities, and providing an interface for non-technical users to author AR learning scenarios.

### Sources

[1] M.A. Masoga and R.S. Maoto (2021). Students with Disabilities at Two Higher Education Institutions Selected from South Africa: A Social Model of Disability. *International Journal of Higher Education*, Vol. 10, No. 6

[2] UN (2015). The Sustainable Development Agenda. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/> Last accessed 19 February 2023.

[3] #Envision30 - Our vision for sustainable, digital and AR learning

<https://www.un.org/development/desa/disabilities/envision2030.html> Last accessed 19 February 2023.

[4] D. Shidende, 'Design and implementation of accessible open-source augmented reality learning authoring tool', in Proceedings of the Doctoral Consortium of the Sixteenth European Conference on Technology Enhanced Learning co-located with the Sixteenth European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2021), Bolzano, Italy, Sep. 2021, vol. 3076, pp. 22–30. [Online]. Available: [http://ceur-ws.org/Vol-3076/ECTEL2021\\_DC\\_paper03.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-3076/ECTEL2021_DC_paper03.pdf)

[5] C. Avila-Garzon, J. Bacca-Acosta, J. Duarte, and J. Bétantcourt, 'Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research.', *Contemporary Educational Technology*, vol. 13, no. 3, 2021.

[6] C. B. de Lima, S. Walton, and T. Owen, "A critical outlook at augmented reality and its adoption in education," *Computers and Education Open*, vol. 3, p. 100103, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100103>

[7] M. G. Badilla-Quintana, E. Sepulveda-Valenzuela, and M. Salazar Arias, "Augmented Reality as a Sustainable Technology to Improve Academic Achievement in Students with and without Special Educational Needs," *Sustainability*, vol. 12, no. 19, p. 8116, 2020, doi: 10.3390/su12198116

[8] J. Gómez-Galán, E. Vázquez-Cano, A. La Luque de Rosa, and E. López-Meneses, "Socio-Educational Impact of Augmented Reality (AR) in Sustainable Learning Ecologies: A Semantic Modeling Approach," *Sustainability*, vol. 12, no. 21, p. 9116, 2020, doi: 10.3390/su12219116

[9] H.-Y. Chang et al., "Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact," *Computers & Education*, vol. 191, p. 104641, 2022, doi: 10.1016/j.compedu.2022.104641

[10] D. Karagozlu, "Creating a Sustainable Education Environment with Augmented Reality Technology," *Sustainability*, vol. 13, no. 11, p. 5851, 2021, doi: 10.3390/su13115851

[11] E. Abad-Segura, M.-D. González-Zamar, A. L. La Luque de Rosa, and M. B. Morales Cevallos, "Sustainability of Educational Technologies: An Approach to Augmented Reality Research," *Sustainability*, vol. 12, no. 10, p. 4091, 2020, doi: 10.3390/su12104091

[12] L. Chan, "THE.ImpactRankings.METHODOLOGY.2022\_v1.3(2)



**SESSION 3**

**Industrie, Innovation und Infrastruktur (SDG 9)**

**9** INDUSTRIE, INNOVATION  
UND INFRASTRUKTUR



## Vorstellung eines Referenzmodells zur Auswahl einer situationsorientierten Methode der Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen von Merger & Acquisitions

Malena Düchting (Deutsche Bahn), Andreas Jonen (DHBW Mannheim)

### Problemstellung und Zielsetzung

Nachhaltigkeitsthemen gewinnen allgemein und damit auch bei der Unternehmensbewertung beispielsweise im Rahmen von Akquisitionen eine immer größer werdende Bedeutung. Um eine Unternehmensbewertung mit nachhaltigen Kriterien umsetzen zu können, existieren verschiedene Methoden, die teilweise nur Einzelaspekte betrachten (z.B. ‚CO<sub>2</sub>-Fußabdruck‘) oder lediglich bestimmten konzeptionellen Anwendungen (z.B. schwache Nachhaltigkeit) genügen. Vor diesem Hintergrund soll in diesem Beitrag auf Basis des situativen Ansatzes ein Instrument zur Auswahl einer adäquaten nachhaltigen Bewertungsmethode vorgestellt, welcher eine spezifische Methode auf Basis der Nachhaltigkeitsaspekte der Bewertungssituation vorschlägt, bzw. eine Eignungsreihenfolge der Methoden als Ergebnis hat.

### Studienlage

Eine Metastudie über 33 Studien und 26.000 Fälle zeigte für die Teilstichprobe, dass mit drei Ausnahmen ein positiver Effekt auf Wirtschaftlichkeitskennzahlen durch ein hohes Nachhaltigkeitsengagement der Unternehmen erreicht werden kann. Auch ist eine Übertragung des Nachhaltigkeitsimages innerhalb einer Transaktion möglich. Außerdem wurde gezeigt, dass die Informationsasymmetrien zwischen Käufern und Verkäufern bei nachhaltigen Unternehmen geringer sind. Die Relevanz von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Unternehmensbewertung und Due Diligence hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen und in der Praxis wird dabei von Unternehmen immer wieder ein situativer Ansatz verwendet.

### Methodik

Zum Aufbau eines Bewertungsmodells wird zunächst auf Basis einer Literaturanalyse ausgewählt, welche Bewertungsmethoden grundsätz-

lich aus Sicht der Wissenschaft Relevanz haben. Als Folgeschritt werden die situativen Faktoren herausgearbeitet, die im Rahmen einer nachhaltigen Unternehmensbewertung wesentlich sein können. Dies sind der Bewertungszweck (z.B. monetäre versus nicht-monetäre Bewertung), das -objekt (z.B. Art der Geschäftstätigkeit), das -subjekt (z.B. verwendetes Nachhaltigkeitskonzept) und die -komplexität (z.B. Grad der Praktikabilität). Diese werden verwendet, um zu analysieren, in welchem Ausmaß die Bewertungsmethoden unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Ausprägungen der situativen Faktoren geeignet sind (siehe Abb. 1).

Abschließend wird das anvisierte Modell in Form eines Scoring-Modells umgesetzt, mit dem die situative Vorteilhaftigkeit der relevantesten Methoden der Nachhaltigkeitsbewertung unter Berücksichtigung der individuellen Bewertungssituation und einer situationspezifischen Gewichtung der Einflussgrößen ermittelt werden kann. Auf dieser Basis können für die Praxis konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, welche Bewertungsmethode herangezogen werden sollte. So wird eine bedarfsgerechte, nachhaltigkeitsorientierte Unternehmensbewertung sichergestellt. Insbesondere im Hinblick auf den steigenden Einfluss der Nachhaltigkeitsleistung auf Unternehmens-Transaktionen kann auf diese Weise eine zielgerichtete Bewertungsmethode ermittelt und eine adäquate Bewertung sichergestellt werden.

### Fazit

Insgesamt zeigt sich, dass ausgehend von der Komplexität der Nachhaltigkeitsbewertung sowie im Hinblick auf den Grundsatz der Bedarfsgerechtigkeit und einem adäquaten Kosten-Nutzen-Verhältnis die Anwendung eines situativen Ansatzes vorteilhaft ist. Zunächst sind dabei als zentrale situative Einflussfaktoren der Bewertungszweck (z.B. monetäre versus nicht-monetäre Bewertung), das -objekt (z.B. Art der Geschäftstätigkeit), das -subjekt (z.B. verwendetes Nachhaltigkeitskonzept) und die -komplexität (z.B. Grad der Praktikabilität) zu berücksichtigen. Zudem sind unterschiedliche Anforderungen zur situativ optimalen nachhaltigkeitsorientierten Bewertung zu beachten, die die Gestaltung der Informationserfassung, -verarbeitung und das Bewertungsergebnis betreffen.

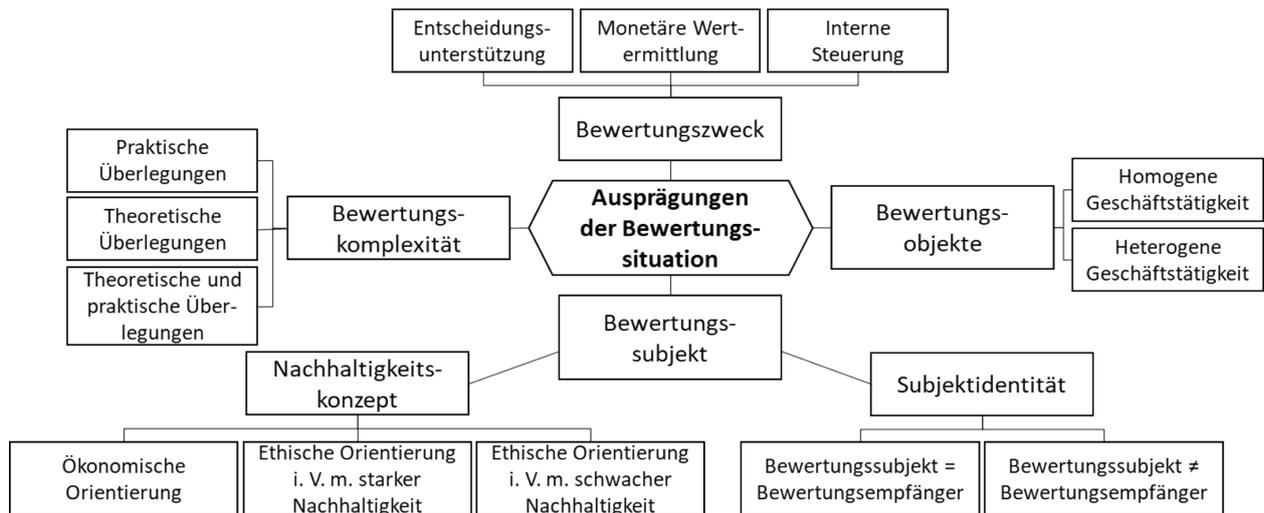


Abb. 1: Ausprägungen der Bewertungssituation

Bei der Bewertung des Instruments ist die grundsätzliche Kritik an der Methode des Scoring-Modells zu beachten, wie die Verrechnung unterschiedlichster Zielsetzungen (Inkommensurabilität) und die Subjektivität der Bewertung der Handlungsalternativen zu beachten. Diese konnte bei dem entwickelten Instrument weitestgehend transparent und unter Heranziehung unterschiedlicher Bewertungen aus der Literatur objektiv gestaltet werden. Dennoch kann eine Verifizierung der Evaluation der einzelnen Bewertungsmethoden in Bezug auf die einzelnen situativen Einflussgrößen sinnvoll sein. Darüber hinaus sollte insgesamt eine empirische Überprüfung im Sinne der analytischen Variante des situativen Ansatzes erfolgen, um mögliche weitere situative Einflussgrößen sowie Abhängigkeiten zwischen den Einflussgrößen festzustellen. Damit könnten gegebenenfalls Aussagen über die Relevanz der situativen Einflussgrößen und damit eine pauschale Gewichtung der Bewertungskriterien ermittelt werden.

## Quellen

- Brösel, G./ Hauttmann, R. (2007a): Einsatz von Unternehmensbewertungsverfahren zur Bestimmung von Konzessionsgrenzen sowie in Verhandlungssituationen. Eine empirische Analyse (Teil I). In: *Finanz-Betrieb*, 9(4), 223–238.
- Andes, L. et al (2019): Methodensammlung zur Nachhaltigkeitsbewertung. Grundlagen, Indikatoren, Hilfsmittel. Karlsruhe.
- Figge, F./ Hahn, T. (2004b): Sustainable Value Added - measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency. In: *Ecological Economics*, 48(2), 173–187.
- Greiling, D./ Ther, D. (2010): Leistungsfähigkeit des Sustainable Value-Ansatzes als Instrument des Sustainability

Controlling. In: Malinsky, A. H. und Prammer, H. K. (Hg.): *Corporate sustainability. Der Beitrag von Unternehmen zu einer nachhaltigen Entwicklung in Wirtschaft und Gesellschaft*. Festschrift für Adolf Heinz Malinsky. Wiesbaden, 37–68.

Jonen, A. (2022): Beschaffungscontrolling – ein wesentlicher Baustein zur Umsetzung von Bioökonomiestrategien. In: Jeschke, B. G. und Heupel, T. (Hg.): *Bioökonomie - Impulse für ein zirkuläres Wirtschaften*. Wiesbaden, 463–484.

Pihkola, H./ Pajula, T./ Tapia, C./ Ritthoff, M./ Saurat, M. (2016): *Sustainability assessment methods and tools for cross-sectorial assessment*. Projektbericht, Brüssel. VTT Technical Research Centre of Finland.

Schwaiger/ E. et al. (2018): *Bewertung von Ökosystemleistungen. Methodenvergleich Kosten-Nutzen-Analyse und Multikriterienanalyse anhand einer österreichischen Region*. Hg. v. Umweltbundesamt. Wien.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). *Industrie 4.0* Auslöser.

*Wirtschaftsinformatik*, 56(4), 261–264.

## Strategie zur Effizienzsteigerung und Dekarbonisierung von schweren landwirtschaftlichen Maschinen

Thomas Zegota (CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH)

### Ausgangssituation

Für CLAAS als Hersteller landwirtschaftlicher Maschinen gibt es intrinsische und extrinsische Beweggründe, um sich mit der Effizienzsteigerung und Dekarbonisierung von schweren selbstfahrenden Erntemaschinen zu befassen. Zum einen gibt es politisch und soziale Faktoren, die eine Treibhausgas-Reduzierung bedürfen. Zum anderen hat CLAAS den Anspruch, sehr leistungsstarke, insbesondere hocheffiziente Produkte dem Endkunden und den Landwirten anbieten zu können.

Besonders in der Baugruppe „power pack“, die die Leistung der Landmaschine bereitstellt, wird deutlich, welche Möglichkeiten, Herausforderungen, aber auch Grenzen bestehen, um CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren beziehungsweise ein bereits ausgereiftes System noch effizienter zu gestalten.

### Projektdurchführung

Bei der Optimierung und Dekarbonisierung der primären Antriebseinheit „power pack“ an schweren selbstfahrenden Maschinen sind die Rahmenbedingungen des Ernteeinsatzes entscheidend. Besondere Herausforderungen sind:

- hohe Leistungsanforderungen,
- hohe energetische Autonomie,
- saisonale Einsatzzeiten aufgrund der begrenzten Erntezeiträume,
- hohe Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit,
- gesetzliche Grenzen hinsichtlich Maschinengewicht und Abmaßen.

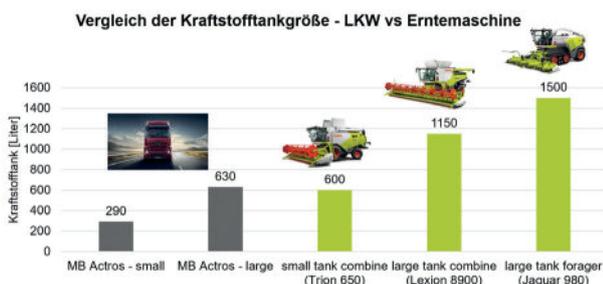


Abb. 1: Vergleich von Kraftstofftankgrößen [1,2]

Die energetische Autonomie der Erntemaschine ist aufgrund der mitgeführten Kraftstoffmenge sehr hoch, insbesondere im Vergleich zum On-Highway-Bereich wird diese deutlich (siehe Abbildung 1).

Um signifikant CO<sub>2</sub> im Betrieb der Fahrzeuge zu reduzieren, werden folgende Technologien als Alternative zum fossilen Diesel untersucht:

- flüssige Kraftstoffe: Biogen oder synthetisch, X-to Liquid,
- gasförmige Kraftstoffe: z.B. Methan, Wasserstoff, Power-to-Gas,
- Batterie.

Die Veränderung der primären Energiequelle hat zum einen unterschiedliches Potenzial hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Reduzierung. Zum anderen bringt es neue Anforderungen mit sich:

an die Fahrzeugarchitektur, den Verbrennungsmotor/die Antriebseinheit („power pack“), sowie die Speicher- und Befülltechnologie.

Die Untersuchung und Bewertung der oben genannten Aspekte erfolgt für unterschiedliche Erntemaschine und ist anhand des Tanksystems für einen Mähdrescher visualisiert.

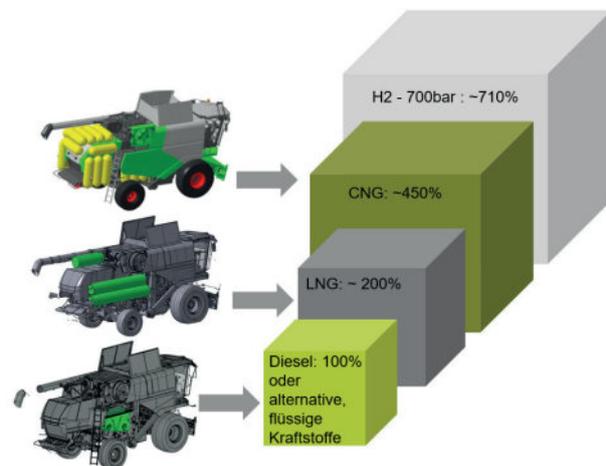


Abb. 2: Potenzielle Tankvolumina für unterschiedliche Kraftstoffe [1]

Alternative, flüssige Kraftstoffe zeigen gegenüber anderen Technologie/Energiequellen deutliche Vorteile hinsichtlich Kompatibilität mit bestehender Produktarchitektur und Erfüllung/ Erhaltung der Produktanforderungen.

Neben dem Einsatz von synthetischen Kraftstoffen nach DIN EN 15940, insbesondere HVO (Hydrotreated Vegetable Oil), ist eine Effizienzsteigerung generell auf folgenden Ebenen sinnvoll und möglich:

- Systemtechnik/Antriebssystem,
- Funktionstechnik,
- Gesamtprozess und Erntestrategie.

In der Baugruppe „power pack“ (Ebene der Systemtechnik) erfolgt die Bewertung der Haupt- und Nebenaggregate hinsichtlich Effizienzpotenzialen. Ein besonders hohes Potenzial ergibt sich aus der Verschiebung von Betriebspunkten des Verbrennungsmotors in kraftstoffoptimale Bereiche des Verbrauchskennfeldes. Hierbei ist eine Downsampling-Strategie, eine Drehzahlabenkung des Motors, hervorzuheben, die Abhängig von Betriebszuständen der Erntemaschine erfolgt.

### **Ergebnisse**

Die Erkenntnisse und Ergebnisse bilden die Grundlage für eine Strategie, die Lösungsansätze zeitlich einordnet und Handlungsfelder aufzeigt, um Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung zu heben. Hervorzuheben ist der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen (vor allem HVO), der eine Treibhausgasreduzierung von 50 -90% in der „Well-To-Wheel“-Betrachtung, gegenüber konventionellen Diesel, ermöglicht. In Verbindung mit Effizienzsteigerung in der Baugruppe „power pack“, wie Downsampling, sind deutliche Reduzierungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und damit eine Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Landtechnik, der Landwirtschaft und damit einem wichtigen Teil unserer Gesellschaft zu erreichen.

### **Quellen**

[1] Wohlfahrt, F.; Göres, T.; Terörde, S.; Ferichs, L.: Applicability Evaluations of Methane based Powertrain and Energy Storage Systems on High Performance Harvesting Machine Applications LAND.TECHNIK 2022. In: VDI-MEG (Hrsg.): VDI-Berichte 2395, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2022, S. 423-430.

[2] N.N: source for MB-data & photo: [https://www.mercedes-benz-trucks.com/de\\_DE/models/new-actros/technical-data/type-overview.html](https://www.mercedes-benz-trucks.com/de_DE/models/new-actros/technical-data/type-overview.html)

[3] N.N: Neste Renewable Diesel Handbook fromNeste Corporation: [https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste\\_renewable\\_diesel\\_handbook.pdf](https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste_renewable_diesel_handbook.pdf), October 2020, S.40

## Roboter-Trajektorien-Optimierung auf Basis von Optimal-Steuerungstheorie – Energie-Einspar-Potentiale

Oliver Rettig, Marcus Strand (DHBW Karlsruhe)

### Ausgangssituation

Zunehmend preiswertere Roboter und auch der Fachkräftemangel treiben die Automatisierung auch jenseits der Automobilbranche voran. Die Optimierung von Automatisierungsprozessen hat dabei meist ausschließlich die Taktzeit im Blick. Eine Taktzeitoptimierung führt aber in der Regel zu einer Erhöhung von Verschleiß und Energieverbrauch. So entsteht ein Zielkonflikt, wenn die Perspektive der Nachhaltigkeit mitberücksichtigt wird. Im Gegensatz zu einer Optimierung der Hardware können Roboter-Bewegungen, d.h. Trajektorien, allein durch Software in praktisch jedem bestehenden System prinzipiell leicht optimiert werden. In der Praxis werden Roboter-Trajektorien meist auf Basis von vorgegebenen Wegpunkten aus einzelnen Segmenten auf Basis verhältnismäßig einfacher Algorithmen zusammengesetzt, die im Wesentlichen dafür sorgen, dass Sprünge in den höheren Ableitungen (Geschwindigkeit, Beschleunigung, Ruck) vermieden werden.

In diesem Projekt geht es darum, diese Trajektorien im Nachgang mit Hilfe der Optimal-Steuerungstheorie so zu optimieren, dass Energieverbrauch und/oder der Verschleiß bei vorgegebener Taktzeit minimiert wird. Das ist grundsätzlich nicht neu [1]. Allerdings sind diese Möglichkeiten bisher nicht in der Praxis angekommen. Große Hindernisse stellen die Komplexität der benötigten Codes dar und die Schwierigkeiten, eine Implementierung so zu gestalten, dass mit vertretbarem Rechenzeit-Aufwand zuverlässig Lösungen generiert werden können. Forschungsbedarf besteht dabei vor allem im Zusammenhang mit der Auswahl und Konfiguration von Lösungsverfahren, dem automatisierten Aufstellen von Kostenfunktionen und der Behandlung von Sondersituationen.

### Projektdurchführung

Das Projekt wurde im Februar 2023 gestartet und hat eine Projektlaufzeit von zwei Jahren. Es wird in Kooperation mit der Firma Wandelbot durch-

geführt, deren Schwerpunkt darauf liegt, die Programmierung von Robotern so zu vereinfachen, dass sie auch von Nicht-Robotik-Experten vorgenommen werden kann. In dem Projekt stellt die Firma ihre Software-Komponenten (siehe Abb. 1 grauer Kasten linke Seite) auf Basis von „Python-Wrappern“ zur Verfügung, sodass diese leicht in eine von der DHBW zu entwickelnden Software-Pipeline (Abb. 1) zur Trajektorien-Optimierung integriert werden kann. Dies soll auf eine Weise erfolgen, die es ermöglicht, die eingebrachten Komponenten auch durch open-source verfügbare der „ROS-Welt“ austauschbar zu machen, damit z.B. Performanz oder Robustheit von Komponenten verglichen werden kann.

Während sich die Firma Wandelbot darauf konzentriert herauszufinden, welche Kombinationen von Optimalitätskriterien und Randbedingungen in der Praxis wichtig sind und wie diese sich dann benutzerfreundlich konfigurieren lassen könnten, sowie auf den Aufbau eines Hardware-Prototypen, beschäftigt sich die DHBW mit der mathematisch/algorithmischen, sowie der messtechnischen Seite, bei der es z.B. darum gehen wird, zu überprüfen, ob der Energieverbrauch in einem realen Aufbau durch eine Optimierung gesenkt werden kann. Ein Alleinstellungsmerkmal des Robot-and-Human-Motion-Labs der DHBW-Karlsruhe, in dem das Projekt durchgeführt wird, ist der Aufbau eines „Marker-basierten“ Bewegungsanalyse-Systems mit dem Mensch- und Roboter-Bewegungen vermessen werden können. Darüber hinaus sollen in dem Projekt mit Kraftmessplatten Bodenreaktionskräfte von Robotern und damit Gelenkmomente mit höherer Genauigkeit bestimmt werden. Für den ultimativen Test, wieviel Energie durch die Optimierung eingespart werden kann, wird die elektrische Leistung der Roboter abhängig von deren Bewegungen bestimmt.

Der erste wichtige Teil des Projekts umfasst den Aufbau einer Software-Architektur (siehe Abb. 1), mit festen Schnittstellen (Abb. 1, blaue Kästen), der es ermöglicht, ausgehend von einer initialen Trajektorie (Abb. 1, links Pfadplaner, blauer Kasten Mitte) mit Hilfe eines Optimal-Control-Solver (Abb. 1, rechts roter Kasten) eine optimierte Trajektorie (Abb. 1, Kasten rechts unten) zu bestimmen.

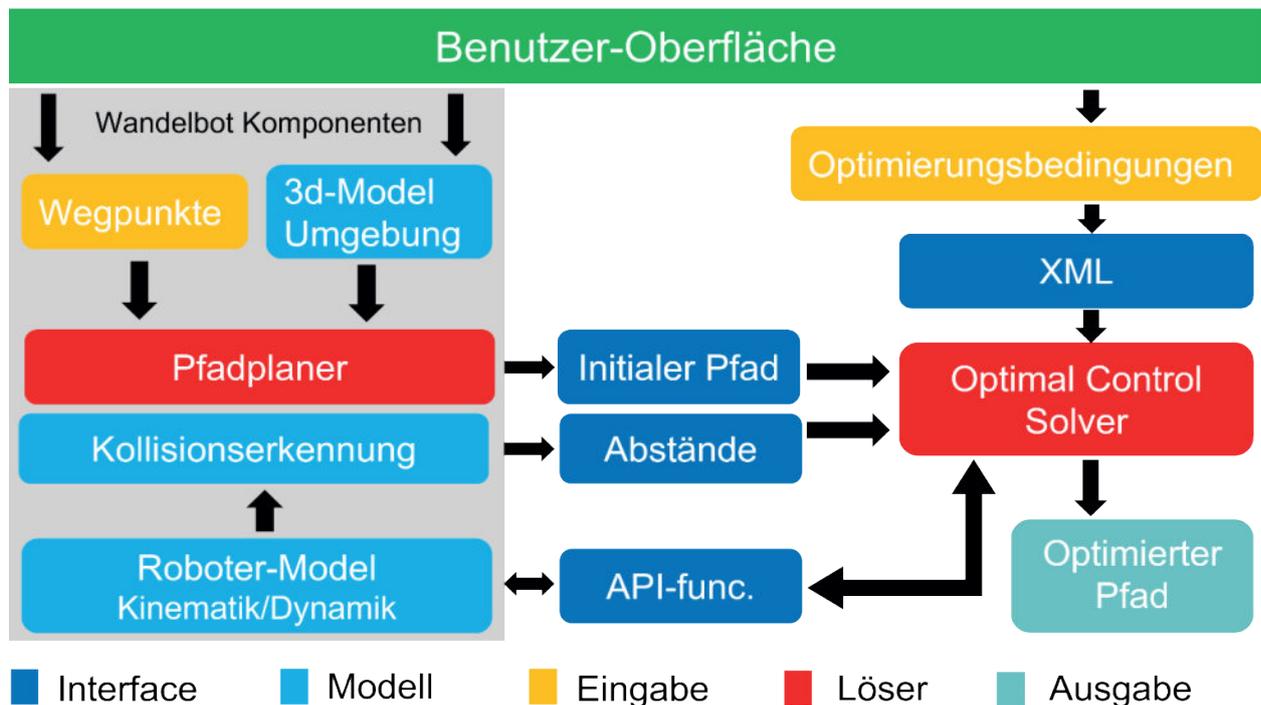


Abb. 1: Software-Architektur

## Ergebnisse

Der Aufbau der Software-Pipeline (Abb. 1) wurde mit dem Projektstart im Februar gerade erst begonnen. Erste Entscheidungen bezüglich einzusetzender Optimierungsverfahren und Komponenten – zusammengefasst im Optimal-Control Solver (Abb. 1, roter Kasten rechts) - konnten aber bereits getroffen werden. So zeigte sich, dass aufgrund bestimmter Eigenschaften des Optimierungsproblems (1. Eine initiale Trajektorie, die es zu optimieren gilt, liegt vor, 2. Es liegen einige Randbedingungen in Form von Ungleichungen vor), dass sogenannte direct-multiple-shooting Algorithmen besonders geeignet sein sollten. Diese sind open source auf Basis des Frameworks CasADi verfügbar und sollen in dem Projekt zum Einsatz kommen. Ein weiterer Vorteil von CasADi ist es, dass es darauf aufbauende Python-Codes gibt, die aus einer standardisierten Roboter-Beschreibung (URDF-File) automatisiert C-Codes für kinematische und dynamische Modelle generieren können. Eine Literaturrecherche hat darüber hinaus ergeben, dass neben der Modellierung der inversen Dynamik ein ausreichend gutes Modell zur Bestimmung der Reibung in den Gelenken notwendig ist, um den Energieverbrauch als Optimierungs-Kriterium berücksichtigen zu können [2].

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Quellen

- [1] F. Stuhlenmiller, et. Al. (2021). Trajectory Optimization of Energy Consumption and Expected Service Life of a Robotic System. IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM).
- [2] K. Eggers, Z. Ziakus, J. Kotlarski, and T. Ortmaier. (2018). On the relationship of travel time and energy efficiency of industrial robots. In Atlantis Highlights in Engineering (AHE), vol. 2.

## Exploring the role of digital technologies in enhancing resilience and sustainability of supply chains during pandemics

Nils-Ole Hohenstein (DHBW Mannheim), Hendrik Birkel (FAU Erlangen-Nürnberg), Sven Hähner (WHU – Otto Beisheim School of Management)

### Initial situation

Despite the advancements in Supply Chain Resilience (SCRES) research documented by several authors (Hohenstein et al. 2015; Dubey et al. 2021; Hohenstein 2022), few studies have delved into the interaction between SCRES and emerging digital technologies for a more sustainable supply chain design (Ivanov 2021; Ivanov et al. 2021; Zouari et al. 2021). The assessment of SCRES has largely been theoretical, relying mainly on conceptual models without empirical support, as noted by Belhadi et al. (2021). Addressing this significant gap, our study aims to explore the empirical impact of the deployment of digital technologies during the COVID-19 pandemic and on enhancing SCRES capabilities. Our research question aims to investigate:

How has the deployment of digital technologies as an element of disruption management contributed to enhancing resilience and sustainability during the COVID-19 pandemic?

### Design and methodology

In order to address our research question, a multiple-case study was undertaken. This approach is a well-established and dependable methodology for analyzing real-world occurrences (Yin 2018; Chowdhury et al. 2020), making it highly suitable for the investigation of the COVID-19 pandemic (Hohenstein 2022). To this end, we conducted 23 semi-structured interviews with senior executives from 12 multinational firms. We apply organizational information processing theory (OIPT) as a theoretical lens to provide valuable theoretical insights and implications for management.

### Results

Our primary contention is that limited digital maturity and utilization of digital technologies have curtailed the effectiveness and efficiency

of actors in dealing with the COVID-19 pandemic by diminishing their capabilities (e.g., visibility, collaboration, agility). Consistent with the OIPT, we contend that specific capabilities, such as enhanced visibility and flexibility, are instrumental in addressing this situation. Furthermore, the deployment of digital tools in the medium and long term augments the resilience and sustainability (triple bottom line) of the supply chain by enabling organizations to adjust to the „new normal“ and better prepare for subsequent sudden external shocks.

### Originality and value

This study is one of the first to provide in-depth empirical insights through the OIPT lens into how digital technologies helped strengthen the resilience and sustainability of supply chains during and beyond the acute phases of the COVID-19 pandemic.

### Literature

Belhadi, Amine; Kamble, Sachin; Jabbour, Charbel Jose Chiappetta; Gunasekaran, Angappa; Ndubisi, Nelson Oly; Venkatesh, Mani (2021): Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. In: *Technological forecasting and social change* 163. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120447

Chowdhury, Md. Tarek; Sarkar, Aditi; Paul, Sanjoy Kumar; Moktadir, Md. Abdul (2020): A case study on strategies to deal with the impacts of COVID-19 pandemic in the food and beverage industry. In: *Operations Management Research*. DOI: 10.1007/s12063-020-00166-9

Dubey, Rameshwar; Gunasekaran, Angappa; Childe, Stephen J.; Fosso Wamba, Samuel; Roubaud, David; Foropon, Cyril (2021): Empirical investigation of data analytics capability and organizational flexibility as complements to supply chain resilience. In: *International Journal of Production Research* 59 (1), S. 110–128. DOI: 10.1080/00207543.2019.1582820

Hohenstein, Nils-Ole (2022): Supply chain risk management in the COVID-19 pandemic: strategies and empirical lessons for improving global logistics service providers' performance. In: *IJLM*. DOI: 10.1108/IJLM-02-2021-0109

Hohenstein, Nils-Ole; Feisel, Edda; Hartmann, Evi; Giunipero, Larry (2015): Research on the phenomenon of supply chain resilience. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 45 (1/2), S. 90–117. DOI: 10.1108/IJPDLM-05-2013-0128

Ivanov, Dmitry (2021): Supply Chain Viability and the COVID-19 pandemic: a conceptual and formal generalisation of four major adaptation strategies. In: *International Journal of Production Research* 59 (12), S. 3535–3552. DOI: 10.1080/00207543.2021.1890852

Ivanov, Dmitry; Blackhurst, Jennifer; Das, Ajay (2021): Supply chain resilience and its interplay with digital tech-

nologies: making innovations work in emergency situations. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 51 (2), S. 97–103. DOI: 10.1108/IJPDLM-03-2021-409

Yin, Robert (2018): *Case Study Research Design and Application: Design and Methods* (6th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Zouari, Dorsaf; Ruel, Salomé; Viale, Laurence (2021): Does digitalising the supply chain contribute to its resilience? In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 51 (2), S. 149–180. DOI: 10.1108/IJPDLM-01-2020-0038



**SESSION 4**

**Wirtschaftswachstum (SDG 8)**

**8**

**MENSCHENWÜRDIGE  
ARBEIT UND WIRT-  
SCHAFTSWACHSTUM**



## Carbon Risk Hedging

Reducing Portfolio Carbon Risk Using a Minimum Beta Hedge Ratio

Mathis Leifhelm (HSBA Hamburg School of Business Administration), Peter Scholz (DHBW Mosbach)

### Introduction

For an investor, measuring and managing risk is utterly important in portfolio management. Especially institutional investors analyze their coverage against different risk factors and adjust their holdings to reduce these risks. For example, investors evaluate the impact of a certain increase in interest rates on the value of their portfolio to measure their interest rate risk.

Over the past years, the public attention on climate change and the need to reduce emissions worldwide increased significantly, which also might affect the pricing of financial assets. As a result, climate change is viewed as a new risk factor in finance that needs to be managed by investors.

In response, several studies have developed approaches to measure climate risks in financial assets. At the same time, the number of studies dealing with hedging these risks are scarce, with those of Andersson et al. (2016) and Engle et al. (2020) being the two most important. However, their approaches are either based on the divestment of brown assets, which may not be an option for some investors, or require investments into a high number of equities to hedge carbon risk.

The objective of this study is to develop a new approach to hedge climate risk in financial assets.

### Project Description

In this study, we put ourselves in the perspective of an investor who holds shares in various companies. This investor aims to manage the carbon risk of his portfolio, which he measures as the carbon beta following Görgen et al. (2020).

This carbon beta indicates how the value of the portfolio behaves if, for example, the demand for sustainable assets increases or the regulation regarding CO<sub>2</sub> emissions becomes stricter. In this case, a carbon beta of one means that the investor's portfolio reacts similarly to a „brown“, i.e., CO<sub>2</sub>-intensive, and less sustainable company.

A carbon beta of minus one, on the other hand, reflects a development that is similar to that of a „green“ company.

Our approach aims at investors who want to reduce the carbon beta of their portfolio. We apply a cross-hedge approach, which means that we reduce the carbon risk by investing a small part of the portfolio into another asset, the hedge asset.

The important question for such a cross hedge approach, besides of the choice of the hedge asset, is how much should be invested into the hedge asset, i.e., the hedge ratio.

We therefore have developed an approach to estimate the optimal hedge ratio that reduces the carbon beta of an investor's portfolio.

This hedge ratio is methodologically based on the variance minimizing hedge ratio according to Johnson (1960) and Baillie & Myers (1991). We have extended this concept so that the hedge ratio does not minimize the variance of a two-asset portfolio, but the carbon beta.

To demonstrate the functionality of this new hedge ratio, we conduct an empirical analysis using different portfolios and hedge assets. We estimate the necessary parameters in the form of daily variance and covariance data based on a DCC-GARCH process, as per Engle (2002). The analysis is focused on the carbon beta reduction but also includes the associated hedge ratios and other portfolio implications, such as the Sharpe ratio.

The results indicate that the derived approach is effective in reducing carbon risk of diversified portfolios. In most cases, this reduction was achieved without significant Sharpe ratio losses. Furthermore, none of the three hedge assets analyzed was particularly superior to the others as, depending on the market index, different hedge assets showed the greatest hedging performance. Thus, the choice of a suitable hedge asset depends on the investor's portfolio as well as on his investment preferences.

### Conclusion

Although there is a broad consensus on climate change and the need for investors to hedge carbon risk, limited research has been conducted on possible ways to do so. This study aims to fill this gap and presents a new approach to hedge car-

bon risk in diversified portfolios using a dynamic cross hedge approach.

The main implication for investors and portfolio managers is the use of the presented hedge approach, which will allow fund managers and investors to reduce their carbon risk exposure with an investment in a single hedge asset. Therefore, unlike other carbon risk hedging strategies, our approach is relatively simple to implement in practice.

### Source index

Andersson, M., Bolton, P., & Samama, F. (2016). Hedging climate risk. *Financial Analysts Journal*, 72(3), 13–32.

Baillie, R. T. & Myers, R. J. (1991). Bivariate GARCH estimation of the optimal commodity futures hedge. *Journal of Applied Econometrics*, 6(2), 109–124.

Engle, R. F. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339–350.

Engle, R. F., Giglio, S., Kelly, B., Lee, H. & Stroebel, J. (2020). Hedging climate change news. *The Review of Financial Studies*, 33(3), 1184–1216.

Görge, M., Jacob, A., Nerlinger, M., Riordan, R., Rohleder, M. & Wilkens, M. (2020). Carbon risk. SSRN 2930897.

Johnson, L. L. (1960). The Theory of Hedging and Speculation in Commodity Futures. *The Review of Economic Studies*, 27(3), 139–151.

Pástor, L., Stambaugh, R. F. & Taylor, L. A. (2021). Sustainable investing in equilibrium. *Journal of Financial Economics*, 142(2), 550–571.

## In 15 Minuten zur Sustainability Readiness mit LBBW Sustainability Advisory

Sarah Krüger (Landesbank Baden-Württemberg)

### Ausgangssituation

Einer der wesentlichen, mittelfristigen Treiber für das Thema Nachhaltigkeit sind regulatorische Anforderungen (vgl. Deloitte 2023). Im Jahr 2026 werden rund 50.000 Unternehmen in der Europäischen Union und davon 15.000 deutsche Unternehmen über Nachhaltigkeitsthemen berichten müssen (Borcherding 2023, S. 262). Dies sind rund 0,4% der deutschen Unternehmen (eigene Berechnung, vgl. Statistisches Bundesamt 2021). Auf den ersten Blick wirkt dies nicht viel, jedoch wird die Weitergabe von Transparenzanforderungen in der Lieferkette einen „Spillover-Effekt“ auslösen und somit das Nachhaltigkeitsengagement in Unternehmen grundsätzlich gefördert bzw. gefordert.

Die Erfüllung der regulatorischen Vorgaben bietet die große Chance, Vollgas für die Transformation von Geschäftsmodellen zu geben. 15.000 Unternehmen in Deutschland erfordern mindestens 15.000 Nachhaltigkeitsexperten über alle Branchen hinweg. Diese Experten werden die Aufgabe haben, Unternehmen „Sustainability Ready“ zu machen, indem Sie die Einbindung von Nachhaltigkeit in die Unternehmensstrategie vorantreiben und gleichzeitig Mitarbeiter und Geschäftsführung mitnehmen und weiterbilden. *Doch wie gelingt die Sustainability Readiness eines Unternehmens?*

### Praxisansatz

Die LBBW Sustainability Advisory Teammitglieder bringen mindestens sechs Jahre Berufserfahrung im Feld der Nachhaltigkeit aus verschiedensten Branchen mit. Auf Basis dieser Praxiserfahrung, ergänzt um praxisorientierte Literatur (vgl. Fundel/ Müller 2023; Erben/ Zülch 2020; Engelen et al. 2023; RNE 2020), Zertifizierungen der International Organization for Standardization sowie Regulatorik (vgl. EFRAG 2022) hat das Team die „Nachhaltigkeitsuhr“ entwickelt und damit die entscheidenden Knackpunkte für die Sustainability

Readiness auf einen Blick herausgearbeitet.

Zentraler Erfolgsfaktor für die zehn Schritte ist der Wille der Geschäftsführung, Nachhaltigkeit im unternehmerischen Denken zu integrieren. Zudem ist ein Team für das Thema Nachhaltigkeit aufzubauen, welches mit allen relevanten Unternehmenseinheiten integriert arbeitet.

Eine der ersten Aufgaben dieses Teams ist, eine strukturierte Bestandsaufnahme zum Thema Nachhaltigkeit durchzuführen, die bestehende Aktivitäten aufnimmt und mit den externen Anforderungen abgleicht. Daraus lassen sich Lücken identifizieren und diese wiederum in eine Priorisierung überführen. Dieser erste Schritt hilft zusätzlich bei der Netzbildung im Unternehmen. Zweiter Schritt ist die Entwicklung einer Vision bzw. des Purpose des Unternehmens. Ziel dieser Übung ist, in jeder Situation den „Leitstern“ für das eigene Handeln vor Augen zu haben. Dritter Schritt ist die Durchführung einer Stakeholder- und Materialitätsanalyse, mithilfe derer wesentliche Anspruchsgruppen und Themen des Unternehmens identifiziert werden. Ein Spezialthema, welches im Rahmen der Materialitätsanalyse angerissen wird, aber noch einer tiefergehenden Betrachtung bedarf, ist die Erweiterung des Risiko- und Chancenmanagements um Nachhaltigkeitsrisiken. Mit Schritt sechs folgt die Entwicklung einer Strategie mit klaren Handlungsfeldern, ausgestattet mit Ambitionsniveaus, Kernbotschaften und klaren, messbaren Zielen. Eng verknüpft mit dem vorausgehenden Schritt ist die Ausformulierung des Nachhaltigkeitsprogramms mit Kennzahlen, Verantwortlichkeiten und unterlegten Maßnahmen. Die formulierten Kennzahlen sind wiederum der Anknüpfungspunkt des Unternehmens und des Kapitalmarkts für die nachhaltige Finanzierungsstrategie, welche auf die materiellen und steuerungsrelevanten Kennzahlen zurückgreifen. Die Aufgaben werden zunehmend operativer und umfassen nun auch alle relevanten Fachfunktionen eines Unternehmens. In Schritt acht folgt die Implementierung eines Datenmanagements als Basis für die zuverlässige Steuerung und das Reporting der eigenen (Ziel-) Performance bzw. Ambition. Die Maxime dabei ist, Jahr für Jahr besser zu werden. In Schritt neun wird dann das Reporting und die externe Kommu-

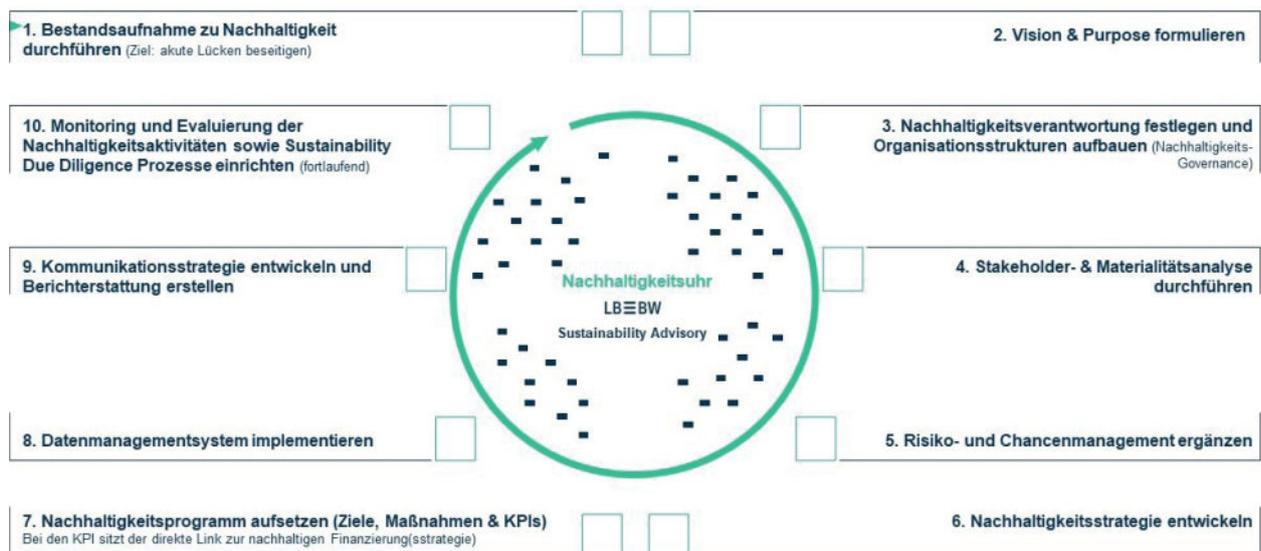


Abb. 1: LBBW Sustainability Advisory "Nachhaltigkeitsuhr"

nikation zielgruppengerecht erstellt.

Abschließend erfolgt die Überführung der vorangegangenen Schritte in einen Regelprozess, sodass diese regelmäßig einer Überprüfung unterzogen werden.

Ein weiterer Erfolgsfaktor entlang dieser zehn Schritte ist die interne, begleitende Kommunikation und Information zu Inhalten und Fortschritten der „Sustainability Readiness“. Genauso wichtig ist die rechtzeitige Einbindung der Mitarbeiter, die Ihr Jobprofil um Nachhaltigkeitsaspekte erweitern (müssen). Eine Anpassung des Vergütungs- und somit Anreizsystems kann die Transformation wirksam unterstützen. Wohlgemerkt setzt jedes Unternehmen die zehn Schritte in einer individuellen Reihenfolge und Geschwindigkeit um. Der Weg ist das Ziel - die Integration von Nachhaltigkeit ist essentiell für die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens und folglich auch für den Kapitalmarkt.

## Ergebnis

Die „Nachhaltigkeitsuhr“ umfasst zehn Punkte, mithilfe derer es Unternehmen gelingen kann, ihren Weg zur „Sustainability Readiness“ zu gestalten.

## Quellen

Borcherding (2023). Handelsrechtliche Nachhaltigkeitsberichterstattung. In: Freiberg, J., Bruckner, A. (Hrsg.): Cor-

porate Sustainability – Kompass für die Nachhaltigkeitsberichterstattung, S. 243-272.

Deloitte (2023). Deloitte 2023 CxO Sustainability Report. Accelerating the Green Transition. Online abrufbar: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/dd/Documents/risk/CxOSustainabilityReport2023\\_Global\\_Deloitte%20.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/dd/Documents/risk/CxOSustainabilityReport2023_Global_Deloitte%20.pdf), zuletzt abgerufen am 25.04.2023.

Engelien, A., Kämmler-Burrak, A., Kruck, F., Sattler, P. (2023). Nachhaltigkeit im Unternehmen.

Erben, S., Zülch, H. (2020). CSR-Performance-Cycle. Ein Anwendungsleitfaden für eine effiziente nichtfinanzielle Berichterstattung, HHL Working Paper (185).

EFRAG (2022). ESRS 2. General disclosures. Online abrufbar: <https://www.efrag.org/lab6>, zuletzt abgerufen am 25.04.2023.

Fundel, V., Müller, J. (2023). Anforderungen des Kapitalmarkts an Sustainability Daten und Reporting. In: Freiberg, J., Bruckner, A. (Hrsg.): Corporate Sustainability – Kompass für die Nachhaltigkeitsberichterstattung, S. 383-404.

RNE c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2020). Leitfaden zum Deutschen Nachhaltigkeitskodex. Orientierungshilfe für Einsteiger. Online abrufbar: [https://www.nachhaltigkeitsrat.de/wp-content/uploads/2019/01/DNK\\_Leitfaden\\_BITV\\_DD\\_190226\\_1.pdf](https://www.nachhaltigkeitsrat.de/wp-content/uploads/2019/01/DNK_Leitfaden_BITV_DD_190226_1.pdf), zuletzt abgerufen am 25.04.2023.

Statistisches Bundesamt (2021). Anzahl der rechtlichen Einheiten/ Unternehmen in Deutschland nach Umsatzgrößenklassen im Jahr 2021. Online abrufbar: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/239412/umfrage/unternehmen-in-deutschland-nach-umsatzgroessenklassen/#:~:text=Im%20Jahr%202020%20gab%20es,39%20Millionen%20rechtlicher%20Einheiten%2F%20Unternehmen>, zuletzt abgerufen am 25.04.2023.

## Stakeholder perspectives of sustainable banking practices

Cashandra Mara (University of Johannesburg)

### Introduction

While the imposition of stricter bank supervision has more advantages than disadvantages, it impacts Southern Africa to a great extent, where a large part of the (low income earning) population is still unbanked and excluded from taking part in the country's provision of formal financial services (Maredza, 2016; Chitimira & Magau, 2020). Limited access to capital through the financial system deprives a large part of the population from playing their role in stimulating economic growth, generating wealth, and changing their historic narrative of poverty (Motala, 2015). Access to finance remains one of the biggest challenges for the youth, often compelled into entrepreneurship through their inability to find gainful employment for years (Evans & Boguchwal, 2014). A balance is therefore needed between the needs of entrepreneurs to grow start-ups, meeting bank supervision requirements, and creating sustainable economic growth in Southern Africa.

The purpose of this paper is to highlight the value of bank supervision and the challenges of creating financial inclusion for the previously excluded, as lenders hold the key in contributing to wealth creation on many levels and thus GDP growth. There are two objectives to this conceptual paper (1) to explore the dimensions of financial inclusion and bank supervision in recently published academic work and (2) to make recommendations regarding the future of financial inclusion.

### Project Description

This project set out to study literature on banking challenges, centered on judgement, a social awareness and ethical decision making in granting credit, all amidst highly regulated bank supervision. The emphasis of this theoretical paper is on the human element present in decision making. Research centered on several distinguishable arguments: the precepts of sustainable banking, bank supervision, social justice and exclusion from the financial system and the professional judgement of lenders and those responsible for granting credit.

Regarding sustainable banking, the corporate responsibility of banks should entail that banks take on, or are willing to share, the social cost of the economy, the environment, the public and employees (Licite & Smertjeva, 2017). A key challenge for banks is therefore to incorporate these global goals into their strategies and recognise the opportunities that may be presented (IODSA, 2023).

International best practice of sound bank supervision is upheld by the Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), which recommends that bank supervisors regulate commercial bank capital requirements (Gaur, Mohapatra & Jena, 2022). With good and sustainable oversight the probability and impact of bank failures may be reduced (Licite & Smertjeva, 2017).

Lenders are instrumental in facilitating wealth creation (Maredza, 2016), and similarly, they may contribute to wealth destruction through the combination of strict credit scoring and cognitive bias, resulting in wrongful risk assessment (Lunn, 2013). Few studies have focused on professional judgement and balancing profitability with ethical banking. It would therefore be of interest to understand bank stakeholders' ontologies when it comes to the public's opinion of justice and inclusivity.

The project was executed by studying two objectives:

### Research objective 1

To explore recently published academic work on the dimensions of social justice and inclusivity, personal judgement, bank supervision and compliance. A literature search conducted using Google Scholar and Ebsco Information Services, found these two search engines to be the most effective (Gusenbauer, 2019). Search parameters used were: "social justice", "financial inclusion/exclusion", "banking in Southern Africa", "Basel accord" and "professional judgement". The time-frame was set to include only articles between 2012 and 2023, thus 11 years.

To identify the various dimensions that constitute stakeholder perceptions, content analysis was performed of the academic works and their authors in each discipline. The outcomes of the content analysis were used as inputs into the second research objective.

## Research objective 2

To make recommendations regarding stakeholder perceptions.

In this second research objective, my role as a researcher was central to synthesizing the various constructs. I acknowledge that the credibility of the choice of literature and the conclusions may be influenced by the fact that I took a qualitative stance. Knowledge of the field, experience, and expertise of the researcher may also have influenced the literature selected and conclusions are drawn. As the researcher in this study, I have more than 12 years of experience as a portfolio manager, banker, and credit manager in the financial service sectors of Namibia and South Africa. I also have theoretical and practical expertise in the field of management research. This theoretical and practical background knowledge assisted me to understand how the constructs could be used to explain bankers and their perceptions of sustainable banking. In addition, I attempted to enhance the credibility of this written work by using two peers to the soundboard and validate my original theoretical ideas. Peer debriefing in qualitative research is completely acceptable and relevant for researchers with an interpretivist epistemology (Mouton, 2015).

## Conclusion

The pressure is on to move to a mindset of sustainable banking, which considers the needs of banks to meet governance and supervision rules and the needs of stakeholders who need access to banking such that widespread value is created. The intermediation role of the banking system, which is so vital as tool, may well contribute to social success, finding solutions and participating in efforts to deal with poverty, unemployment, drought, urbanization, and other global risks.

It is not clear if bankers, relationship managers, economist, and officials responsible for bank su-

pervision are aware of their critical role in achieving sustainable banking. Furthermore, the paucity of academic investigation into sustainable banking, suggests that there is scope for such discourse. Therefore, future empirical research is recommended among these parties, which may shed light and enhance our understanding of their stance on sustainable banking.

## Source index

Chitimira, H. & Magau, P.T. (2021). A Legal Analysis of the Use of Innovative Technology in the Promotion of Financial Inclusion for Low-Income Earners in South Africa Pioneer in peer-reviewed open access online law publications (24) - DOI <http://dx.doi.org/10.17159/1727-3781/2021/v24i0a10740>

Evans, D. & Boguchwal, L. (2014). Network models of entrepreneurial ecosystems in developing economies. Technical report. New York: United States military academy network science centre.

Gusenbauer, M. (2019). Google Scholar to overshadow them all? Comparing the sizes of 12 academic search engines and bibliographic databases. *Scientometrics*, 118(1): 177-214.

Institute of Directors South Africa (IODSA) (2016). Sustainable Development Forum: King IV and the Sustainable Development Goals. (Online). [Available at: [https://cdn.ymaws.com/www.iodsa.co.za/resource/collection/4B905E82-99EB-48B1-BCDA-F63F37069065/King\\_IV\\_and\\_the\\_sustainable\\_development\\_goals.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.iodsa.co.za/resource/collection/4B905E82-99EB-48B1-BCDA-F63F37069065/King_IV_and_the_sustainable_development_goals.pdf)].

Lacite, L. & Smertjeva, A. (2017). Corporate social responsibility – one of prerequisites for sustainable development in the banking sector. Proceedings of the 2017 International Conference “economic science for rural development” in Latvia. 46: 109-117.

Lunn, P. (2013). The Role of Decision-making Biases in Ireland’s Banking Crisis. *Irish Political Studies*, 28 (4): 563–590, <http://dx.doi.org/10.1080/07907184.2012.742068>

Maredza, A. (2016). Do capital requirements affect cost of intermediation? Evidence from a panel of South African banks. *The Journal of Developing Areas*, 50(3): 35 – 43.

Motala, E.(2015). Understanding inequality relationally. *Post-School Education Review*, 1(4): 5-6.

Mouton, J. (2015). *Understanding Social Research*. Pretoria, South Africa: Van Schaik Publishers.

## Natural Disasters and Bank Solvency\*

Dieter Gramlich (DHBW Heidenheim)

### Motivation

Financial markets substantially contribute to the transition towards a sustainable economy and society. They are expected to raise money and allocate it to projects that are both profitable and create social and ecological value.

Financial institutions support sustainability, thus benefit from related opportunities, and they also must be able to withstand the challenges associated with an unsustainable environment. Major risks emerge from natural disasters, which comprise a broad range of geophysical and weather-related events such as heat waves, extreme winds, droughts, and floods.

### Objective

Banks are major players on financial markets. Damages from natural disasters may hit them directly via their infrastructure, but most likely will affect them indirectly via their claims on customers. The damages can substantially affect the banks' capital and liquidity and obstruct their role as an intermediary of sustainability.

For risk managers and supervisors of the financial system it is crucial to know how sensitive the institutions are to extreme natural events. Therefore, the main objective of this research is to provide evidence about the banks' sensitivity to natural disasters.

### Research Questions

Few authors have examined the effects of natural disasters on bank performance. Barth, Sun, and Zhang (2022) conclude that natural disasters incentivize institutions to attract more deposits to meet the higher loan demand, and that therefore they raise interest rates. Koetter, Noth, and Reibei (2020) obtain comparable results when analyzing the lending adjustments of German banks with credit relationships to corporates affected by the 2013 flooding of the river Elbe. Schüwer, Lambert, and Noth (2019) assess the adjustment strategies of U.S. banks following Hurricane Katrina and observe an increase of capital.

This research extends existing studies providing a comprehensive, cross-country analysis of natural disasters and banks worldwide. The research questions are:

- To what extent do natural disasters affect bank solvency?
- Do natural disasters affect accounting-based measures of solvency as much as regulation-based measures?
- Are different types of banks affected differently by natural disasters?

### Methodology

The empirical relationship between natural disasters and bank solvency is obtained from ordinary least squares and quantile regression approaches. The regressions use data from the Emergency Events Database and a merged data set of banks' financial statements from Bankscope and Fitch. Data is retrieved for the 18-year period 2000-2017 and comprises 9,928 banks located across 149 countries.

$$\Delta \text{ratio}_{kit} = \mu * \text{ratio}_{kit-1} + \beta * DR_{it} + \alpha_m * B_{kit}^s + Y_h * C_{it}^h + \theta_t + \phi_i + \delta_{kit} + \omega_{kit} + \varepsilon_{kit}$$

where  $\text{ratio}_{kit}$  represents the equity ratio or Tier 1 capital ratio for bank  $k$  in country  $i$  in year  $t$ ,  $DR_{it}$  is the weighted damage ratio.  $B_{kit}^s$  is a vector of  $s$  bank-specific, and  $C_{it}^h$  is a vector of  $h$  country-specific control variables.  $\theta_t$  represents time fixed effects,  $\phi_i$  the country fixed effects.  $\delta_{kit}$  are the accounting standard fixed effects, and  $\omega_{kit}$  are the bank specialization fixed effects.

Box 1: Regression approach of the study

The dependent variable of the regression is either the change of the equity ratio or the Tier 1 capital ratio (see Box 1). The explanatory variables comprise the damage ratio from natural disasters. Control variables include size and loan ratio of banks as well as country characteristics such as the GDP per capita and the growth rate.

### Results

This research finds that overall natural disasters have a negative effect on both equity and Tier 1 capital ratios. One explanation is that while banks protect their lending activities by requiring assets as collateral, the occurrence of natural disasters may destroy the value of the assets in question.

In addition – except for the United States where the coefficients are not always negative – natural disasters have a smaller effect on regulatory capital ratios than they have on the accounting-based equity ratios.

This result contrasts with prior literature that exhibits mixed evidence regarding the effect of disruptions on the equity ratio. Studies on financial crises suggest that the equity ratio of banks is procyclical: when a financial crisis hits, the equity ratio increases. Nguyen et al. (2023) argue that bank profitability and default risk are not simultaneously affected by natural disasters.

Regarding the business model of banks, Bank Holding Companies (BHCs) exhibit a significant and negative coefficient. In the U.S. subsample, BHCs experience the most negative effect from natural disasters whereas commercial banks have a lower, albeit still significant, coefficient. U.S. savings banks exhibit a non-significant and economically small coefficient.

Banks with higher capital should be able to better offset losses. Considering the total equity as a proxy for size and the equity ratio as a proxy for the equity base, this study finds that higher ex ante equity ratios reduce the impact of natural disasters on the banks' solvency.

## Conclusions

The major finding is that damages from natural disasters negatively affect bank solvency. The relationship varies across regions and among different types of banks but provides evidence that natural disasters represent a significant threat for the financial soundness of individual banks and, by extension, the stability of the financial system and its role in sustainability.

Natural disasters appear to affect the Tier 1 capital ratio to a lesser extent than the corresponding accounting ratio. This study concludes that the regulatory weights attributed to risky assets in the Tier 1 capital ratio specification are not adequate in capturing a bank's exposure to natural disasters. The regulatory risk weights stem from historical evidence and rely primarily on economic drivers of risk.

Financial regulators should consider modifying the assessment and weighting of solvency risks in light of the increasing damages caused by natural

disasters. Similarly, managers of institutions that lend in disaster-prone areas should include the expected damages from disasters in their calculations of the risk premium of loans.

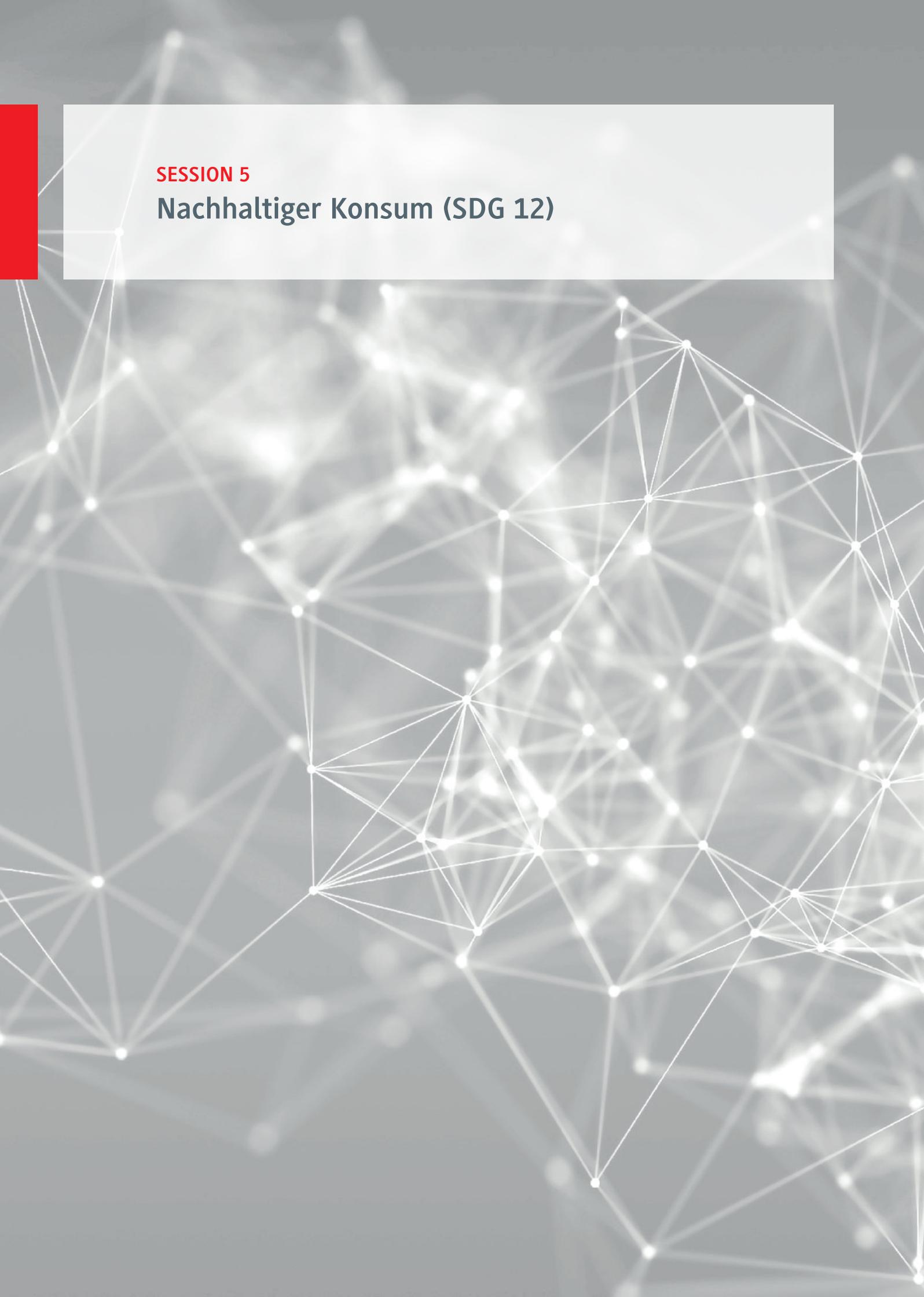
Natural disasters may exhibit a different propagation pattern and may affect regions, infrastructures, and institutions as a whole. Consequently, traditional diversification patterns appear to be irrelevant in this case.

A potential direction for further research on the link between bank solvency and natural disasters is to address the underlying transmission process of damages. Depending on the risk management strategies both banks and their customers employ, the effect of disasters on bank solvency may be different.

\* This contribution summarizes the study from Gramlich, D., Walker, T., Zhao, Y., Bitar, M. (2023). After the Storm: Natural Disasters and Bank Solvency. *International Journal of Central Banking* (forthcoming, June).

## References

- Barth, J. R., Miller, S. M., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Natural Disaster Impacts on U.S. Banks. *American Business Review*, 25(2). DOI: 10.37625/abr.25.2.452-487.
- Koetter, M., Noth, F., & Rehbein, O. (2020). Borrowers under Water! Rare Disasters, Regional Banks, and Recovery Lending. *Journal of Financial Intermediation* 43(July): Article 100811. DOI: 10.1016/j.jfi.2019.01.003.
- Nguyen, D. T. T., Diaz-Rainey, I., Roberts, H., & Le, M. (2023). The impact of natural disasters on bank performance and the moderating role of financial integration. *Applied Economics*, 1–23. DOI 10.1080/00036846.2023.2174931.
- Schüwer, U., Lambert, C., & Noth, F. 2019. How Do Banks React to Catastrophic Events? Evidence from Hurricane Katrina. *Review of Finance* 23(1), 75–116. DOI 10.1093/rof/rfy010.



**SESSION 5**

**Nachhaltiger Konsum (SDG 12)**

**12** NACHHALTIGE/R  
KONSUM  
UND PRODUKTION



## **Forschungsprojekt VereNa – Vermittlung relevanter Nachhaltigkeitsinformationen im Lebensmittel-einzelhandel**

Carsten Leo Demming, Carolyn Hutter, Sandra Ullrich  
(DHBW Heilbronn)

### **Ausgangssituation**

Die Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln haben erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt. Der Agrar- und Ernährungssektor verursacht mehr als ein Viertel des weltweiten Treibhausgasausstoßes (Crippa et al. 2021). Durch nachhaltigere Kaufentscheidungen ließe sich ein bedeutsamer Beitrag mindern, beispielsweise könnte eine rein pflanzliche Ernährungsweise den Anteil halbieren (Hallström et al. 2015). Jedoch liegen Konsument\*innen bislang kaum Informationen über die Nachhaltigkeit von Lebensmitteln vor. Bisherige Forschung zeigt außerdem, dass noch unklar ist, welche Nachhaltigkeitsaspekte Konsument\*innen in ihrer Entscheidung berücksichtigen (Grunert et al. 2013). Des Weiteren sind die wenigen freiwilligen Nachhaltigkeitsinformationen von Herstellern und Händlern in Darstellung und Informationsgehalt uneinheitlich. Daher ist zweifelhaft, ob sie Konsument\*innen wirklich bei nachhaltigeren Kaufentscheidungen helfen können (Shao 2016).

### **Projektziele**

Das Forschungsprojekt Vermittlung relevanter Nachhaltigkeitsinformationen (VereNa) setzt hier an und untersucht, ob und wie durch transparente und kundenfreundliche Kennzeichnung ein nachhaltigerer Lebensmittelkonsum gefördert werden kann. Das Projekt trägt damit zum Ziel Nachhaltiger Konsum der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (Bundesregierung, 2018) sowie zur Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württembergs (MUW BW, 2021) bei und greift eine Forderung des Rates für Nachhaltigkeit (RNE, 2021) nach mehr Nachhaltigkeitsinformationen und Orientierungshilfen beim Konsum von Lebensmitteln auf.

In einer ersten qualitativen Teilstudie wurden teilstrukturierte, leitfadensbasierte Einzelinterviews

mit Expert\*innen der Lebensmittelbranche und Konsument\*innen durchgeführt. Ziel ist es dabei, Nachhaltigkeitswissen und -wahrnehmung von Expert\*innen und Konsument\*innen zu vergleichen und daraus Anforderungen für eine Nachhaltigkeitskennzeichnung abzuleiten.

Eine weitere Teilstudie vergleicht mittels Blickfeldmessung drei häufig diskutierte Nachhaltigkeitslabels: Eco Score, Planet Score und Eaternity Score. Die Studie untersucht, inwiefern diese Optionen helfen die Nachhaltigkeit von Lebensmitteln einzuschätzen und welche kognitiven Ressourcen Konsument\*innen zur Informationsverarbeitung benötigen. Neben der Blickfeldmessung umfasst diese Studie u.a. auch eine quantitative Befragung, die das Nachhaltigkeitswissen der Konsument\*innen misst.

Zusätzlich wurden bis zum jetzigen Zeitpunkt zwei Wahlexperimente durchgeführt, die Rückschlüsse auf Gestaltung, Nachhaltigkeitsaspekte und Formulierung von Nachhaltigkeitskennzeichnungen erlauben sollen (weitere Informationen und Ergebnisse hierzu im Beitrag: Optimierung von Nachhaltigkeitskennzeichnungen).

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse der qualitativen Interviews zeigen, dass Konsument\*innen aufgrund ihres limitierten Nachhaltigkeitswissens Schwierigkeiten haben, Expertenvorschläge für eine Nachhaltigkeitskennzeichnung zu verstehen. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass abstrakte Informationen dabei zu einer Überforderung der Konsument\*innen führen könnten. Gleichzeitig bewerten Expert\*innen diese abstrakten Informationen als wichtig und lassen dabei häufig die Limitationen von Konsument\*innen außer Acht. Eine Gefahr aus dieser mangelnden Perspektivübernahme ist die Einführung zu komplexer Nachhaltigkeitskennzeichnung.

Die Ergebnisse der Blickfeldmessung zeigen, dass die untersuchten Labels unterschiedlich gut geeignet sind, Konsument\*innen bei ihrer Nachhaltigkeitseinschätzung von Lebensmitteln zu helfen. So wird eine vereinfachte Nachhaltigkeitskennzeichnung (eindimensionales Ampelsystem ähnlich Nutri Score) etwa doppelt so schnell verarbeitet wie komplexere Kennzeichnungsoptionen

mit mehreren Dimensionen. Weiterhin hilft diese vereinfachte Kennzeichnung Konsument\*innen mit weniger Nachhaltigkeitswissen und hohem Nachhaltigkeitswissen gleichermaßen.

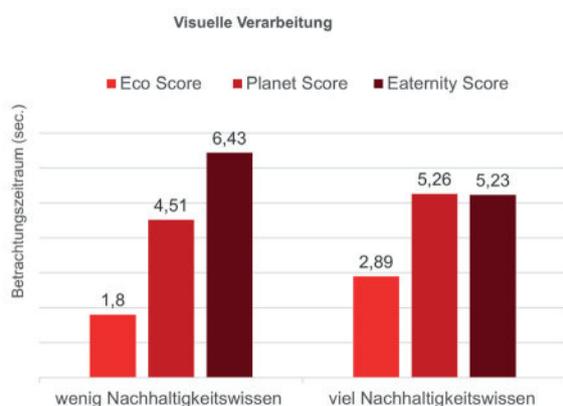


Abb. 1: Betrachtungszeitraum der Kennzeichnungen unterteilt nach Konsumentengruppen

## Ausblick

Die vorgestellten Studien leisten einen wichtigen Beitrag für Entscheidungsträger in Politik und Unternehmen für die Diskussion einer geeigneten Nachhaltigkeitskennzeichnung für Lebensmittel. Eine Erkenntnis hierbei ist, die Hürden von Konsument\*innen stärker in den Fokus zu rücken – insbesondere für Konsument\*innen mit wenig Nachhaltigkeitswissen. Weiterhin lässt sich festhalten, dass vereinfachte Kennzeichnungsoptionen mit weniger Ressourcen verarbeitet werden können, aber zu genügend guten Einschätzungen beitragen. Diese Erkenntnisse gilt es in Zukunft realitätsnah in Einkaufsumgebungen zu validieren.

## Quellen

Bundesregierung (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie: Aktualisierung 2018, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-318846> (Abruf: 20.04.2023).

Crippa, M.; Solazzo, E.; Guizzardi, D.; Monforti-Ferrario, F.; Tubiello, F. N.; Leip, A. (2021): Food Systems are Responsible for a Third of Global Anthropogenic GHG Emissions. In: *Nature Food* 2 (3), S. 198–209. DOI: 10.1038/s43016-021-00225-9.

Grunert, Klaus G.; Hieke, Sophie; Wills, Josephine (2013): Sustainability Labels on Food Products: Consumer Motivation, Understanding and Use. In: *Food Policy* 44, S. 177–189. DOI: 10.1016/j.foodpol.2013.12.001.

Hallström, Elinor; Carlsson-Kanyama, Annika; Börjesson, Pal (2015): Environmental Impact of Dietary Change: A Systematic Review. In: *Journal of Cleaner Production* 91, S. 1–11. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.12.008.

MUM BW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (2021): Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg. <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/nachhaltigkeit/nachhaltigkeitsstrategie> (Abruf: 20.04.2023).

RNE (Rat für nachhaltige Entwicklung) (2021): Nachhaltiger Konsum. <https://www.nachhaltigkeitsrat.de/nachhaltige-entwicklung/nachhaltiger-konsum> (Abruf: 20.04.2023).

Shao, Jing (2016): Are Present Sustainability Assessment Approaches Capable of Promoting Sustainable Consumption? A Cross-Section Review on Information Transferring Approaches. In: *Sustainable Production and Consumption* 7, S. 79–93. DOI: 10.1016/j.spc.2016.05.001.

## Forschendes Lehren & Lernen: Sensibilisierung für die Vermeidung von Lebensmittelverschwendung mit Hilfe der Tagebuch-Methode

Michaela Nübling, Conny Mayer-Bonde (DHBW Ravensburg)

### Ausgangssituation

Hochschulen wie die DHBW tragen eine Mitverantwortung für die Nachhaltige Entwicklung. Mehrere der 17 UN-Ziele (siehe Abb. 1) setzen eine hohe Veränderungsbereitschaft des Konsumverhaltens, insbesondere in Hinblick auf die Ernährung und den Umgang mit Lebensmitteln, voraus. Gemäß der Nationalen Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung soll diese bis 2030 halbiert werden. Aktuell entstehen in Deutschland jährlich ca. 11 Millionen Tonnen Lebensmittelabfälle, wovon etwa 59% auf private Haushalte und 17% auf die Außer-Haus-Verpflegung entfallen (vgl. Statistisches Bundesamt 2022). In den rund 78 kg „Food Waste“ pro Person sind auch unvermeidbare Abfälle wie Obstschalen, dennoch liegt es in der Verantwortung jedes Einzelnen einen Beitrag zur Reduzierung und somit zur Erreichung der SDG zu leisten.

Auch Duale Partner entlang der Lebensmittelversorgungskette können einen wertvollen Beitrag leisten. Dies kann durch die Sensibilisierung von Studierenden und deren Erwerb handlungs- und transferorientierter Kompetenzen im Rahmen des Dualen Studiums im Studienzentrum Tourismus, Hotellerie und Gastronomie gefördert werden.

Zur Erhebung und Beeinflussung von Verhalten stehen methodisch und didaktisch mehrere Vorgehensweisen zur Auswahl. Die Selbstbeobachtung wird in Form von Tagebuchstudien (diary method) in der Erforschung von Konsumentenverhalten eingesetzt (bspw. Leverenz et al. 2019; Gramm & Hofmann 2020; Weischer & Gehrau 2017; Koller 2008). Ein aktuelles Forschungsprojekt (vgl. Leverenz et al. 2021) setzte die Tagebuchmethode im Bereich der Außer-Haus-Verpflegung (Hotellerie) ein. Durch die Sensibilisierung in Form einer systematischen Erfassung von Lebensmittelabfällen in Zusammenhang mit dem Frühstücksbuffet entwickelten Hotel-Mitarbeitende selbstständig Ideen und Verbesserungsansätze, welche über einen

Zeitraum von 12 Monaten zu einer Reduzierung von etwa 60% der Abfälle führte.

### Projektdurchführung

Ziel des lehrintegrierten Projekts ist es, im Sinne der praxisnahen Ausbildung die in Vorlesungen vorgestellten und diskutierten UN-Ziele für Nachhaltige Entwicklung greifbar und erlebbar zu machen (siehe Abb. 1.).

SDG 2: DEN HUNGER BEENDEN, ERNÄHRUNGSSICHERHEIT UND EINE BESSERE ERNÄHRUNG ERREICHEN UND EINE NACHHALTIGE LANDWIRTSCHAFT FÖRDERN.

SDG 3: EIN GESUNDES LEBEN FÜR ALLE MENSCHEN JEDEN ALTERS GEWÄHRLEISTEN UND IHR WOHLERGEHEN FÖRDERN.

Abb. 1: Ausgewählte SDG für Nachhaltige Entwicklung mit Bezug zum Projekt Forschendes Lehren & Lernen (<https://17ziele.de/>)

Im Fokus dieses Pilotprojekts im Studienzentrum Tourismus, Hotellerie und Gastronomie der DHBW Ravensburg steht zunächst der persönliche Umgang mit Lebensmitteln und das (Verschwendungs-)Verhalten von Studierenden des 3. Studienjahrs. Folgende Aspekte werden untersucht:

- Art, Umfang und Wegwerfverhalten von Nahrungsmittelabfällen über einen Zeitraum von 2 Wochen.
- Wirksamkeit der Methode Selbstbeobachtung in Form von Tagebuchaufzeichnungen für die Sensibilisierung der Studierenden.
- Transfermöglichkeiten von Erfahrungen im Privathaushalt sowie im persönlichen Verhalten auf die Herausforderungen der Dualen Partner in der Außer-Haus-Verpflegung (Hotellerie, Gastronomie, Freizeitbetriebe, etc.)

Vorgehensweise: Im Modul Nachhaltiges Management im dritten Studienjahr werden im Rahmen einer Vorlesung grundlegende und branchenbezogene Aspekte von Nachhaltigkeit und CSR thematisiert. In der Wertschöpfungskette der Hotellerie und Gastronomie ist das Thema Abfallentstehung und -vermeidung von hoher aktueller Relevanz. Studierende (n=76) werden gebeten mit Hilfe des Excel-Abfalltagebuchs des Kompetenzzentrums für Ernährung (vgl. Kern, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) in einem Zeitraum von 2 Wochen

Art, Umfang, Gründe und Wegwerfverhalten von Lebensmittelabfällen systematisch zu erfassen (siehe Abb. 2).

Im Anschluss werden die Daten aller teilnehmenden Studierenden aggregiert. Erfahrungen werden ausgetauscht und diskutiert. In Form einer moderierten Reflexion nach der Methode Schreiben (Vgl. Scheuermann 2016) wird reflektiert, inwiefern die systematische Erhebung von Lebensmittelabfällen zu einer Sensibilisierung und möglichen Verhaltensänderung geführt hat. Ziel dieser schreibdidaktischen Methode ist es, durch das Ausformulieren der Erfahrungen, Erlebnisse und Gedanken den zweiwöchigen Erhebungszeitraums Revue passieren zu lassen und dadurch eine aktive individuelle Auseinandersetzung zu fördern. Idealerweise entstehen durch das fokussierte 6-minütige Schreiben (Fokussprint) außerdem Verknüpfungen mit Vorlesungsinhalten und Ideen für kreative Transfermöglichkeiten.

### Ergebnisse

Die Datenerhebung läuft zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Tagungsbandes noch. Abschluss und finale Auswertung erfolgen Ende Juni 2023. Erste Datenrückläufe und Reflexionsergebnisse lassen vermuten, dass alleinlebende Studierende die Vermeidung von Lebensmittelabfällen als eine größere Herausforderung erleben. Außerdem zeichnet sich als Besonderheit dieser Zielgruppe ab, dass regelmäßiges Reisen (z.B. Besuch von Familie und Freunden an Wochenenden) eine zusätzliche Herausforderung für die Planung und die Reduzierung von Speiseresten darstellen können.

### Quellen

Gramm, V., & Hofmann, C. (2020). Tagebuch der Lebensmittelabfälle: 7-tägige Erhebung der Lebensmittelabfälle in einigen Südtiroler Haushalten. Bozen: Institut für Regionalentwicklung.

Koller, M. (2008). Longitudinale Betrachtung der Kognitiven Dissonanz: Eine Tagebuchstudie zur Reiseentscheidung. Forschungsergebnisse der Wirtschaftsuniversität Wien, No. 24. Berlin: Peter Lang International Academic Publishers

Kompetenzzentrum für Ernährung (KErn). Lebensmittelverschwendung mittels Tagebuch reduzieren <https://www.kern.bayern.de/>

Leverenz, D., Hafner, G., Moussawel, S., Kranert, M., Goossens, Y., & Schmidt, T. (2021). Reducing food waste in hotel kitchens based on self-reported data. *Industrial Marketing Management*, 93, 617-627.

Leverenz, D., Moussawel, S., Maurer, C., Hafner, G., Schneider, F., Schmidt, T., & Kranert, M. (2019). Quantifying the prevention potential of avoidable food waste in households using a self-reporting approach. *Resources, Conservation & Recycling*, 150, 1-10.

Scheuermann, U. (2016). Schreiben denken – Schreiben als Denk- und Lernwerkzeug nutzen und vermitteln. 3. Aufl., Opladen & Toronto: Barbara Buderich

Statistisches Bundesamt (2022). Lebensmittelabfälle in Deutschland: Aktuelle Zahlen zur Höhe der Lebensmittelabfälle nach Sektoren. <https://www.bmel.de/DE/themen/ernaehrung/lebensmittelverschwendung/studie-lebensmittelabfaelle-deutschland.html>

Weischer, C., & Gehrau, V. (2017). Die Beobachtung als Methode der Soziologie. München: UVK

### Tagebuch (Lebensmittelabfälle)

Datum	Produkt / Lebensmittel (gemäß Liste)	Gewicht [g] / Volumen [ml]	Warum wurde das Lebensmittel entsorgt?	Entsorgungsweg	Bemerkung
Beispiel					
3.6	Milchprodukte	150	Mindesthaltbarkeitsdatum	Ausguss	
4.6	Backwaren	211	keine Lust mehr auf das Lebensmittel	Biomüll	
10.6	Obst	150	schlechte Lagerung	Kompost	
11.6	Speisereste	233	sonstige Gründe	Restmüll	Besuch hat abgesagt

Abb. 2: Auszug Abfalltagebuch des Kompetenzzentrums für Ernährung

## Factors Influencing Consumers Intended and Actual Sustainable Purchases of Clothing in Germany and South Africa

Boitumelo Pooe, Thomas Dobbstein (DHBW Ravensburg)

### Introduction

Sustainability is as much of a concern for consumers as it is for environmentalists and ecologists (Avadanei et al. 2020), businesses and governments alike. Evidently, there is a growing concern about sustainability, and the clothing, textile and fashion industries are receiving more attention due to various issues within the value chain negatively impacting the planet (Avadanei et al. 2020). Ultimately, sustainability within clothing and fashion should balance economic development, environmental friendliness, [social equity], garment functionality and style to provide products under the banner sustainable development (Li et al. 2022).

### Research Aim & Objectives

One of the primary problems within the clothing industry is that it is currently unclear what (1) influences consumers' intention to purchase clothing sustainably, (2) what influences consumers' actual sustainable purchasing behavior and (3) whether the intention to purchase clothing sustainably leads to actual purchases. As a result, the central research aim of this paper was to evaluate (general) factors that influenced consumers' sustainable intentions and actual clothing purchases.

### Literature Review

Previous research found that a few consumers had translated their growing concern about sustainability into actual purchasing behavior (Cavender and Lee 2018; Nguyen, Nguyen and Hoang 2019; ElHaffar Durif and Dubé 2020), Kaur and Bhardwaj 202; Riesgo, Codina and Sádaba 2022). Thus, the intention-behavior gap was developed to study the inconsistencies between how consumers intend to purchase sustainably and how they actually make sustainable purchases (ElHaffar, Durif and Dubé 2020). The difference

between intention and behavior is mostly in how individuals process available information and motivational factors. With intentions, individuals capture information and are willing and even plan to apply that information, but ultimately the individuals decide not to act, while with behavior, the individual chooses to perform the action related to the motivation and information (Ajzen 1991).

Product type is one factor that influences the dissonance of the intention-behavior gap (Park and Lin 2020). Across the board, barriers to sustainably purchasing clothing result from product deficiencies such as inferior design or no particular function; in other cases, the criteria for purchasing sustainable clothing were the same as those for purchasing regular clothing, which were based on fit, design, fashionability [exclusivity], style, and price (Perry and Chung 2016; Jung and Jin 2014;).

Planning, habits, commitment, sacrifice, and specific shopping behavioral modes were considered essential to counteract the intention-behavior gap (Casais and Faria 2021). Additionally, the lack of knowledge of where to purchase sustainable clothing was identified as a significant barrier for German women consumers (Jacobs et al. 201). The lack of knowledge on where to buy sustainable clothing leads to incorrectly perceived costs and a lack of sustainability awareness (Nguyen, Nguyen and Hoang 2019).

### Methodology & Results

With a quantitative, cross-sectional research approach, an online survey was distributed in Germany and South Africa based on quota sampling. The quota in Germany focused on income, gender and age, while the quota in South Africa concentrated on Living Standard Measures (LSM). The results were an outcome of 887 quality checked responses. Figure 1 summarizes the tested hypothesis and the results.

Overall, it was found that consumers in Germany and South Africa have a minor intention-behavior gap when purchasing clothing sustainably. The sustainable core-values were the most significant factors impacting consumers' intention to purchase clothing sustainably. Demonstrating that to counteract barriers to sustainable purchasing behaviour, planning, habits, commitment, sacrifice, knowledge, and information to-

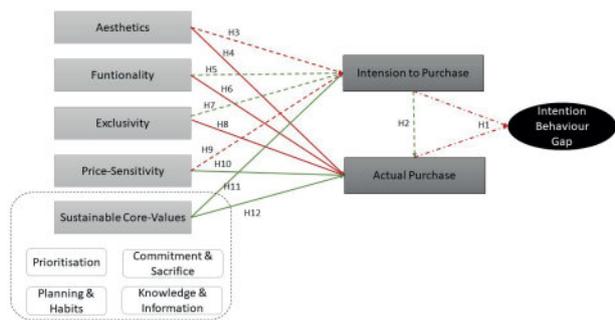


Fig. 1: Research model and hypothesis:

--- Supported Hypothesis    --- Unsupported Hypothesis

wards sustainable purchasing behavior are essential (Jacobs et al. 2018; Casais and Faria 2021). As for consumers' actual sustainable purchasing behavior, sustainable core values had a higher significance on consumers than the intention to purchase clothing sustainably. However, the results demonstrated that the intention-behavior gap was not substantial, with 94.6% of consumers with a high intent to purchase clothing sustainably regularly purchased clothing sustainably, with only 5.4% of consumers unable to translate their high intention to purchase clothing sustainably into actual purchases.

### Recommendations & Conclusion

It would be recommended to the clothing industry, stakeholders and policy-makers to invest more time and effort in informing and motivating consumers about sustainable core-values than in communicating product-related attributes.

Should product attributes be considered by marketers to motivate the intention to purchase clothing sustainably, the focus should be on functionality and exclusivity. On the other hand, to motivate actual sustainable purchases price-sensitivity should be considered.

Ultimately, core values and the intention to buy lead to actual sustainable purchases for clothing.

### References

Ajzen, I. 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50 (2): 179-211.

Avadanei, M., Olaru, S., Ionescu, I., Ursache, M., Ciobanu, L., Alexa, L., Luca, A., Olmos, M., Aslanidis, T., Belakova, D. and Silva, C. (2020). ICT new tools for a sustainable textile and clothing industry. *Industria Textila*, 71 (05): 504-512.

Cavender, C. R. and Lee, M. 2018. Exploring the Influence of Sustainability Knowledge and Orientation to Slow Con-

sumption on Fashion Leaders' Drivers of Fast Fashion Avoidance. *American Journal of Theoretical and Applied Business*, 4 (3).

Casais, B. and Faria, J. 2021. The Intention-Behavior gap in Ethical Consumption: Mediators, Moderators and Consumer Profiles Based on Ethical Priorities. *Journal of Macromarketing*, 42 (1): 100-113.

ElHaffar, G., Durif, F. and Dubé, L. 2020. Towards closing the attitude-intention-behavior gap in green consumption: A narrative review of the literature and an overview of future research directions. *Journal of Cleaner Production*, 275.

Jacobs, K., Petersen, L., Hörisch, J. and Battenfeld, D. 2018. Green thinking but thoughtless buying? An empirical extension of the value-attitude-behaviour hierarchy in sustainable clothing. *Journal of Cleaner Production*, 203: 1155-1169.

Jung, S. and Jin, B. 2014. A theoretical investigation of slow fashion: sustainable future of the apparel industry. *International Journal of Consumer Studies*, 38 (5): 510-519.

Kaur, J. and Bhardwaj, N. 2021. Their control will make or break the sustainable clothing deal-a study of the moderating impact of actual behavioural control on the purchase intention-behaviour gap for sustainable clothing in India. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 15 (5): 82-98.

Li, Q., Xue, Z., Wu, Y. and Zeng, X. 2022. The Status Quo and Prospect of Sustainable Development of Smart Clothing. *Sustainability*, 14 (2).

Nguyen, H. V., Nguyen, C. H. and Hoang, T. T. B. 2019. Green consumption: Closing the intention-behavior gap. *Sustainable Development*, 27 (1): 118-129.

Park, H. J. and Lin, L. M. 2020. Exploring attitude-behavior gap in sustainable consumption: comparison of recycled and upcycled fashion products. *Journal of Business Research*, 117: 623-628.

Perry, A. and Chung, T. 2016. Understand attitude-behavior gaps and benefit-behavior connections in Eco-Apparel. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 20 (1): 105-119.

Riesgo, S., Codina, M. and Sádaba, T. 2022. Does Sustainability Matter to Fashion Consumers? Clustering Fashion Consumers and Their Purchasing Behavior in Spain. *Fashion Practice*: 1-28.

## Circular economy in der Bekleidungsindustrie

Erfolgsanalyse für ein Pre-Owned-Fashion-Geschäftsmodell im hochwertigen Modesegment

Annabel Vogel (Duale Studentin an der DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

Die Textil- und Bekleidungsindustrie gilt als eine der umweltschädlichsten sowie ressourcenintensivsten Industrien der Welt. Jährlich produziert jeder Mensch in Europa mehr als 15 Kilogramm Textilmüll. Neben jenem drastischen Überkonsum verantwortet die Modeindustrie unter anderem auch den intensiven Verbrauch von Wasser sowie Milliarden Tonnen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Darüber hinaus kennzeichnet sich in ganzheitlicher Betrachtung auch das aktuelle Wirtschaftsmodell in erster Linie durch lediglich kurzweilige Nutzung und den steigenden Verbrauch von Ressourcen. Letztere stehen allerdings nicht endlos zur Verfügung. Vielmehr resultiert aus einer permanent ansteigenden Weltbevölkerung und dem damit einhergehenden Ressourcenverbrauch Knappheit. Das bedeutet, die Zeit, in der die Nachfrage nach Ressourcen problemlos gedeckt werden kann, ist endlich. Zumal die Ressourcengewinnung erhebliche Auswirkungen auf das Klima hat. Es bedarf daher eines Umdenkens, einer nachhaltigen Umstrukturierung.

Eine solche Umstrukturierung findet aktuell insbesondere innerhalb der Bekleidungsindustrie statt. Aufgrund finanzieller und weltpolitischer Unsicherheit wird insgesamt eine rückläufige Entwicklung für die Modebranche erwartet. Kleidung wird verstärkt über längere Zeit getragen oder weniger neu gekauft. Parallel zum prognostizierten Abschwung der gesamten Branche konnten allerdings in einem anderen Teilbereich der Bekleidungsindustrie enorme Wachstumsraten erzielt werden: Der Wert des Marktes gebrauchter Kleidung wird Ende 2022 auf 90 bis knapp 110 Milliarden Euro weltweit geschätzt, dies entspricht einer Steigerung um das Dreifache zu dem Jahr 2020.

Der Handel mit gebrauchter Bekleidung in jeglicher Form fällt dabei unter das Kreislaufwirtschaftsmodell, welches hinsichtlich der Ressourcenschonung zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Im Vergleich zur aktuellen Linearwirtschaft scheint dies zudem die optimale Lösung für das zukünftige Wirtschaften zu sein.

Ob der kreislauffähige Konsumtrend bereits tragender, beziehungsweise wiederaufbereiteter Kleidung allerdings auch für Modeunternehmen funktionieren kann, welche im hochwertigen Segment ansässig sind und über dementsprechend anspruchsvolle Ziel- und Kundengruppen verfügen, wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit geprüft.

### Projektdurchführung

Anhand eines explanativen Studiendesigns und dem Experiment als Methodik zur Datenerhebung wurde unter Heranziehung zweier elementarer Marketing-Instrumente, Promotion und Price, die forschungsleitende Fragestellung beantwortet: „Welchen Einfluss hat zusätzliche Promotion auf die Kauf- und Preisbereitschaft bei Pre-Owned-Fashion (aufbereitete Bekleidung)?“

Die Ergebnisse sollten erste Hinweise liefern auf:

- Die grundsätzliche Annahme des Angebots wiederaufbereiteter Bekleidung im hochwertigen Modesegment
- Die richtige Bewerbung dieser Mode
- Die Ausgabebereitschaft einer anspruchsvollen Zielgruppe bei gebrauchter und wiederaufbereiteter Kleidung

Basierend auf einer ausführlichen Recherche zum Thema Second-Hand-Mode-Konsum in Deutschland ließ sich hinsichtlich der Kaufmotive Folgendes entnehmen: Entweder liegt der Erwerb gebrauchter Bekleidung einem monetären Ansatz zugrunde oder der Kauf wurde aufgrund des dadurch geleisteten Beitrags zur Nachhaltigkeit getätigt.

Da im Rahmen der Bachelorarbeit das hochwertige Segment betrachtet wurde, ist das Argument des Sparens ausgeblendet und die zusätzliche Promotion stattdessen rein auf den durch den Kauf geleisteten Beitrag zur Nachhaltigkeit und zur Kreislaufwirtschaft innerhalb der Modeindustrie ausgelegt und verfasst worden.

Innerhalb des durchgeführten Experiments, das heißt einer per Newsletter versendeten Online-Umfrage, wurden die teilnehmenden Kunden des Partnerunternehmens in zwei Gruppen eingeteilt,

um den nötigen Vergleichspunkt herzustellen: Eine Gruppe erhielt die oben erläuterte zusätzliche Promotion der Pre-Owned-Fashion, die andere erhielt dies nicht. Der darauffolgende Fragebogen war für beide Gruppen gleich aufgebaut und beinhaltete dieselben Fragen.

### Ergebnisse

Mittels verschiedener statistischer Tests wie beispielsweise der logistischen Regressionsanalyse oder dem Mann-Whitney-U-Test konnte festgehalten werden, dass:

- ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Variablen Promotion und Kaufbereitschaft besteht,
- keine statistisch signifikante Steigerung der Kaufbereitschaft verzeichnet werden kann, wenn der Stimulus Promotion eingesetzt ist,
- auch keine statistisch signifikante Steigerung der Preisbereitschaft bei der Gruppe mit Promotion im Vergleich zu der Gruppe ohne Promotion besteht.

Dabei ist ausdrücklich anzumerken, dass die Beantwortung der Forschungsfrage nicht statistisch repräsentativ erfolgte, sondern lediglich statistisch signifikante Unterschiede im Rahmen einer Trendaussage geprüft worden sind.

Dennoch kann allumfassend aus den vorgelegten Forschungsergebnissen, beziehungsweise der Beantwortung der Forschungsfrage, abgeleitet werden, dass die gesetzte Nachhaltigkeits-Promotion weder einen signifikanten Einfluss auf die Kauf-, noch auf die Preisbereitschaft des Kundensegments des Praxisbeispiels hat. In erster Linie lässt sich dieses Ergebnis auf die Eigenschaften und Merkmale zurückführen, auf die die Kunden des Partnerunternehmens, vermutlich aber auch generell Kunden des hochwertigen Modesegments, beim Kauf von Bekleidung am meisten Wert legen. Dies ist nämlich nicht wie zu Beginn angenommen der durch den Kauf von aufbereiteter Mode geleistete Beitrag zur Nachhaltigkeit. Vielmehr wird auch hierbei auf dieselben Aspekte geachtet, wie bei Neuware: hochwertige Qualität, Reinigung und Hygiene sowie die Möglichkeit der Rückgabe. Das bedeutet, dass all diese gelisteten Kriterien die Punkte sind, die vorrangig im Rahmen der Promotion für Pre-Owned-Fashion im hochwertigen Modesegment zu bewerben sind

und weniger der Beitrag zur Nachhaltigkeit und zur Kreislaufwirtschaft.

Hinsichtlich der Preisbereitschaft stellte sich heraus, dass die Akzeptanz für wiederaufbereitete Mode ansteigt, wenn eine deutliche Preisdifferenz gegenüber dem Preis für Neuware besteht, sprich eine „Reduzierung“ um 50 bis 60 Prozent.

Abschließend ist folglich festzuhalten: Das Bewusstsein für die Thematik der circular economy in der Bekleidungsindustrie ist laut den Erkenntnissen sowie den Ergebnissen der empirischen Forschung der Bachelorarbeit vorhanden und das nicht allein beim Kundensegment des Praxisbeispiels, sondern auch allgemein, vor allem bedingt durch die aktuelle finanzielle und weltpolitische Lage. Aufgrund des Betrachtens des hochwertigen Modesegments ergab sich, dass die gebrauchten, aufbereiteten Artikel hierbei mit differierenden Aspekten zu bewerben sind, als herkömmliche Second-Hand-Mode des niedrigen bis mittleren Preissegments. Grundsätzlich zeigte diese Arbeit jedoch, dass Pre-Owned-Fashion bei der richtigen Bewerbung und der Beachtung der Preisbereitschaft der Kunden auch im hochwertigen Modesegment funktionieren kann.

### Quellen

Estripeau, R. u. a. (2022). What an Accelerating Secondhand Market means for Fashion Brands and Retailers, 1.

Europäisches Parlament (2022). Umweltauswirkungen von Textilproduktion und -abfällen, 1.

McKinsey & Company (2022). Studie: Aus mindestens einem Fünftel des Textilabfalls könnte neue Kleidung werden, 1.

Vogel, A. (2023). Circular economy in der Bekleidungsindustrie – Erfolgsanalyse für ein Pre-Owned-Fashion-Geschäftsmodell am Beispiel der PETER HAHN GmbH.



**SESSION 6**

**Nachhaltige Produktion (SDG 12) – Maßnahmen  
zum Klimaschutz (SDG 13)**

**12** NACHHALTIGE/R  
KONSUM  
UND PRODUKTION



**13** MASSNAHMEN ZUM  
KLIMASCHUTZ



## 3D printing with recycle as a future path to solving Tanzania's plastic challenge?

Anna Christina Treydte (Stockholm University and Nelson Mandela African Institution of Science and Technology (NM-AIST)), Hulda Swai, Hans Komakech (NM-AIST), Bernd Grosche, Gerrit Hohenhoff (Laser Zentrum Hannover (LZH))

### Introduction

Large scale plastic production has consistently increased, leading to masses that outweigh the mass of all animals on the planet (Elhacham et al. 2020). Increasing plastic pollution has become a great concern across Africa, where waste deposition and management are often less advanced. The fossil-fuel based materials now exceed planetary boundaries destabilizing the Earth system's functions (Villarubia-Gomez et al. 2023, Persson et al. 2022). Not only plastic particles but also associated chemicals, being less visible and more difficult to trace within the food chain components, threaten the health of ecosystems and people. New concepts, regulations and laws are currently being developed and implemented, and the recent Nairobi Agreement on Plastic Pollution (<https://www.regjeringen.no/en/aktuelt/agreement-in-nairobi-on-global-deal-against-plastic-pollution/id2902765/>) highlights the importance of understanding plastic waste accumulation and pathways globally. Early research on macro- and microplastic pollution has largely focused on marine ecosystems and revealed alarming magnitudes of plastic occurrence in marine environments (Guzzetti et al. 2018, Rezanian et al. 2018, Akindele and Alimba 2021). However, research on the distribution patterns and magnitude of plastic accumulation in terrestrial ecosystems is rather scarce, despite widespread littering in many terrestrial landscapes (Rillig 2012, de Souza Machado et al. 2018). Sustainable waste treatment solutions are rare in sub-Saharan Africa, albeit some recycling efforts have received attention (Larney and van Aardt 2010, Godfrey and Oelofse 2017).

Despite a recent plastic ban, Tanzania has been challenged recently with increasing plastic waste, particularly PET bottles, that accumulate along roadsides and in waste dumps. The hypothesis of

our research is that the increasing plastic waste in Tanzania, which is not or barely recycled up to now, could be used as a source for various new plastic products that can be generated through novel technologies. We propose that plastic would be an optimal source as material for 3D printing of any kind of spare parts that can be used in medicine, for agricultural purposes (irrigation), filter production, or day-to-day tools. This collaborative research project will provide hands-on tools from the German and international industry to help research the recycling industry in Tanzania.

### Project Description

Our collaborative idea is to set up five small 3D printing shops in Arusha district, northern Tanzania. The 3D printers and shop facilities as well as the training of five selected Tanzanians will be provided by the Laser Zentrum Hannover (LZH; funding resources need to be established). We anticipate the trainees to come from the School of Communication and Computer Science, Nelson Mandela African Institution of Science and Technology (NM-AIST). The trainees will be taught in identifying and processing appropriate raw material for printing and using the software and tools, in collaboration with LZH and other industry partners. In addition, three MSc students from the School of Material Science and Engineering at NM-AIST will be investigating different plastic sources for their quality as printing raw material. One major hurdle might be that the recycling material in Tanzania is not of enough pure quality, so we are looking for companies that would be interested in collaborating to help purify the plastics material available on site and identify suitable selection procedures. We will further reach out to stakeholders in Tanzania to understand availability and demand of printed products through various surveys and questionnaires.

Initially, we could start with base material for printing from Germany, particularly when focusing on training the 3D technology and associated software products in Tanzania. However, the aim is to build up an independent and local market around recycled plastics using the 3D technology in the future.

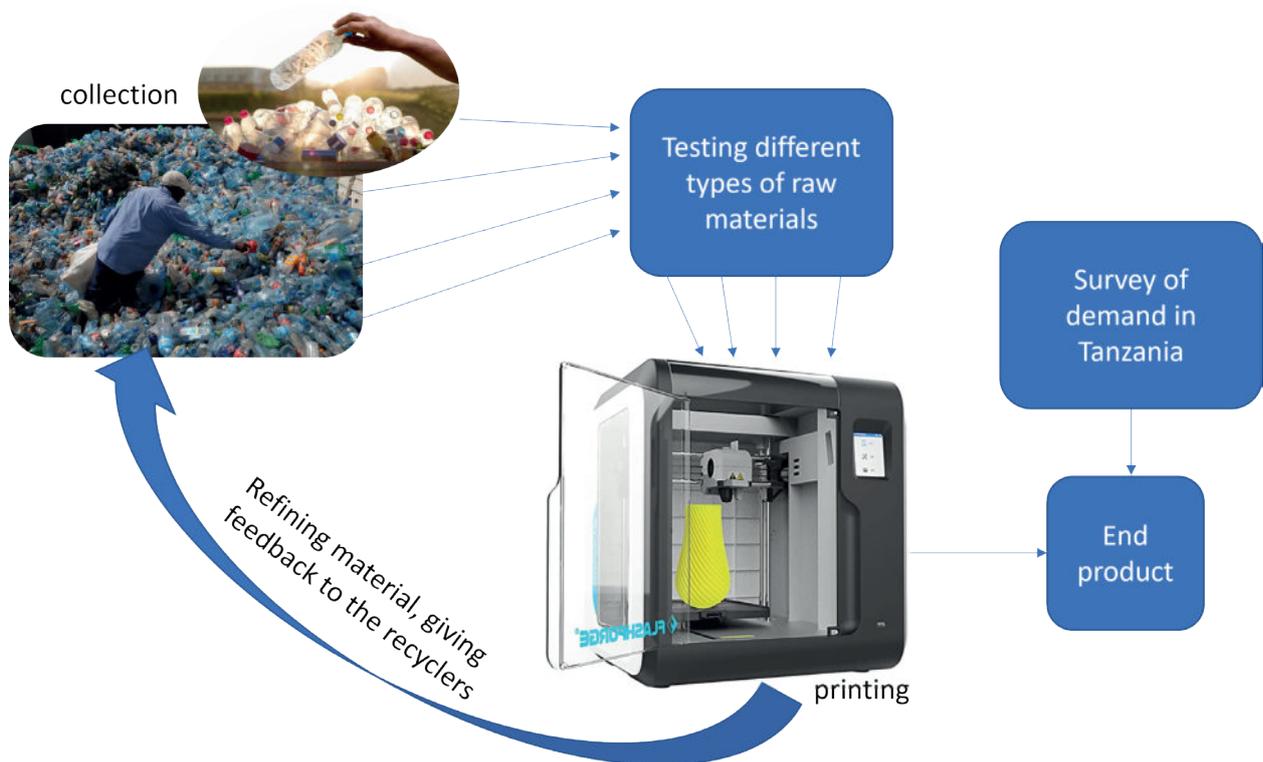


Fig. 1: Schematic overview of the project steps.

## Conclusion

With our project, we aim at reducing plastic waste and encouraging recycling amongst local stakeholders in northern Tanzania. The 3D printing products will further contribute towards a more independent local market of products, rather than having to rely on imports that are often expensive and of low quality. Through our trans-sectoral research collaboration of research, industry and the local community we hope to build a new market for 3D products. Local scientific knowledge and hands-on understanding of the quality of the recycled material will be of high importance to reach sustainability in this sector. Our trans-disciplinary approach that includes software experts, material scientists and engineers will promote hands-on and demand-driven research in Tanzania, leading to a new work force and market availability.

## Source index

Elhacham E et al. 2020. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature* 588, 442–444. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3010-5>

Villarrubia-Gómez P et al. 2023. Plastics Pollution and the Planetary Boundaries framework. *Ecol Soc*. Preprint. <https://doi.org/10.31223/X5P05H>

Persson L et al. 2022. Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environ Sci Tech*, 56, 1510-1521.

Guzzetti E et al. 2018. Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental Toxic Pharmacol* 64, 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.10.009>

Rezania S et al. 2018. Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. *Marine Poll Bull* 133, 191–208. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.022>

Akindele EO, Alimba CG. 2021. Plastic pollution threat in Africa: current status and implications for aquatic ecosystem health. *Environ Sci Poll Res*, 28,7636-7651.

Rillig MC. 2012. Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environ Sci Technol* 46, 6453–6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>

de Souza Machado AA et al. 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Glob Change Biol* 24, 1405–1416. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>

Larney, M, Van Aardt AM. 2010. Case study: Apparel industry waste management: a focus on recycling in South Africa. *Waste Manage Research* 28, 36-43.

Godfrey L, Oelofse S. 2017. Historical review of waste management and recycling in South Africa. *Resources*, 6(4), 57.

## Technisches Monitoring für einen funktionalen und energieoptimalen Gebäudebetrieb

Nachweislich nachhaltig – Optimierter Anlagenbetrieb – Kosten reduzieren und Klima schützen durch Transparenz und Energieeffizienz

Patrick Elsässer (Drees & Sommer SE)

In der Praxis erreicht kaum ein Gebäude – egal ob Neubau oder Bestand – die in der Planung festgesetzten Funktionalitäten und energetischen Ziele. Das eigentliche Problem ist jedoch, dass diese Unzulänglichkeiten manchmal erst nach Jahren entdeckt werden – und oft überhaupt nicht.

Gestiegene Nutzeranforderungen, komplexer werdende gesetzliche Rahmenbedingungen sowie angehobene energetische Anforderungen und die daraus resultierenden höheren Technisierungsgrade von Gebäuden sind verbunden mit zunehmenden Herausforderungen für einen wirtschaftlichen, funktions- und bedarfsgerechten Betrieb der Gebäude. Die Voraussetzungen hierfür müssen in der Planungs- und Bauphase geschaffen werden.

Zwischen der Planungs-, Bau- und Nutzungsphase kommt es leider häufig zu einem „Systembruch“ und Wissensverlust. In Folge laufen die gebäudetechnischen Anlagen insbesondere in der ersten Nutzungsphase oft stark fehlerbehaftet bzw. nicht entsprechend der geplanten Funktion und weit entfernt von einem energetisch optimalen Betrieb. Ein energieoptimaler Betrieb bedeutet die Einhaltung der geforderten Komfort- und Betriebsbedingungen bei gleichzeitiger Einhaltung des geplanten, idealerweise sogar optimierten, Energie-/Ressourcenverbrauchs. Ebenfalls werden Mängel allzu oft, bzw. wenn überhaupt, erst nach der Abnahme im laufenden Betrieb erkannt. Neben wirtschaftlichen und ökologischen Nachteilen, wie beispielsweise zu hohen Betriebskosten oder zusätzlichen erforderlichen personellen Aufwendungen zur Mängelnachverfolgung, kann dieser Umstand auch zu einer Beeinträchtigung der Gebäudenutzung und einer damit verbundenen Nutzerunzufriedenheit führen.

Technisches Monitoring als Instrument zur Quali-

tätssicherung soll dazu beitragen, an den Schnittstellen zwischen der Planungs- und Bauphase und der ersten Nutzungsphase die angestrebte Qualität, insbesondere der Gebäudetechnik, zu sichern. Darüber hinaus wird darauf abgezielt, die Voraussetzungen für einen energieeffizienten, funktions- und bedarfsgerechten Gebäudebetrieb zu schaffen und zu erhalten.



Abb. 1: Ablauf Technisches Monitoring / Inbetriebnahmemanagement ©Drees & Sommer SE

Zielsetzung ist, die Übergabe von nachweislich funktionalen Anlagen und Systemen an den Betrieb zu gewährleisten und diese im Zuge der ersten Nutzungsphase in einen an die Nutzung optimierten Betrieb zu überführen.

Die öffentliche Hand hat die Notwendigkeit und den Mehrwert eines Technischen Monitorings seit längerem erkannt und kommt seiner Vorbildfunktion nach. So hat das Land Baden-Württemberg bereits im Jahr 2015 für alle Landesbaumaßnahmen ab Gesamtbaukosten von zwei Millionen Euro ein Technisches Monitoring zur Qualitätssicherung verordnet. Die erlangten Erkenntnisse sind maßgeblich in die AMEV-Empfehlung Nr. 135 „Technisches Monitoring 2017“ und deren aktuelle Version AMEV-Empfehlung Nr. 158 „Technisches Monitoring 2020“ eingeflossen und stehen seither auch anderen Bundesländern und Auftraggebern zur Verbesserung der Qualität als Grundlage zur Verfügung. In der AMEV-Empfehlung ist das gesamte Leistungsbild inkl. Anforderungen und Ausschreibungstexten praxisorientiert beschrieben.

Ergänzend gliedert die VDI 6041 das Technische Monitoring in die drei Bereiche Anlagenmonitoring, Energiemonitoring sowie Gebäude- und Behaglichkeitsmonitoring. Zusätzlich findet eine zeitliche Unterteilung innerhalb der Nutzungsphase in das Einregulierungs- und Langzeitmonitoring statt. Das Einregulierungsmonitoring (ERM)

beginnt mit der Inbetriebnahme und wird über einen Zeitraum von ein bis zwei Jahren durchgeführt. Basierend auf den erfassten Messwerten werden fehlerhafte Betriebszustände identifiziert und Optimierungspotenziale hinsichtlich der Regelstrategien und Regelparameter abgeleitet. Dem Einregelungsmonitoring schließt sich das Langzeitmonitoring (LZM) an. Es dient der langfristigen Kontrolle des Anlagenbetriebs sowie der Behaglichkeit. Hierbei sind gegenüber dem ERM geringere Aufwendungen betreffend Umfang und Genauigkeit/Detailtiefe der Datenanalyse erforderlich.

Der zunehmend hohe Anteil der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) im Hochbau bedingt ergänzend eine systemübergreifende Inbetriebnahmeplanung. In diesem Kontext muss die TGA als eine Gesamtheit, d.h. als ein geschlossenes technisches Anlagensystem verstanden werden und darf sich nicht auf Einzelgewerke beschränken. Die zielorientierte, systematische Inbetriebnahme der TGA muss im gesamten Planungs- und Ausführungsprozess eingehend berücksichtigt werden. Die detaillierte Inbetriebnahmeplanung im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung ist eine besondere Leistung mit dem Ziel, alle inbetriebnahmerelevanten Vorgänge im Einzelnen zu erfassen und frühzeitig zu planen.

Technisches Monitoring kann durch Teilleistungen eine geordnete Inbetriebnahme unterstützen, stellt jedoch kein vollumfängliches Inbetriebnahmemanagement dar. Die Kombination eines Technischen Inbetriebnahmemanagements gemäß AHO oder in Anlehnung an VDI 6039 mit dem Technischen Monitoring ist ideal und gerade dabei sich am Markt zu etablieren. Idealerweise werden beide Leistungen aus einer Hand durch einen externen Dienstleister erbracht.

Im Zuge des Neubaus Fakultät Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg wurde als eines der ersten Pilotprojekte das Technische Monitoring ausgeschrieben und befindet sich gerade in der Durchführungsphase. Zum aktuellen Zeitpunkt liegen noch keine zu veröffentlichenden Ergebnisse vor.

Auf Grund der Menge an auflaufenden betriebstechnischen Daten ist bei größeren Liegenschaften die Durchführung eines Monitorings ohne eine datenbankbasierte Softwarelösung undenk-

bar. Automatische Auswertungen mit Hilfe intelligenter Algorithmen in Kombination mit umfangreichem Ingenieurwissen sind für eine effektive sowie effiziente Überwachung und Betriebsoptimierung unabdingbar. Idealerweise wird das eingesetzte und im Zuge des Einregelungsmonitorings konfigurierte Monitoringsystem zur eigenständigen Überwachung an den Nutzer und Betreiber für ein Langzeitmonitoring übergeben.

Die Ergebnisse abgeschlossener bzw. noch laufender Monitoring-Projekte bestätigen die Notwendigkeit eines Technischen Monitorings und es konnte bei nahezu allen Projekten ein Performance Gap (die Differenz zwischen Planungszielgrößen und Messungen im Betrieb) nachgewiesen werden. Basierend auf den Erfahrungen von Drees & Sommer liegt der übliche Energie-mehrverbrauch in der ersten Nutzungsphase zwischen 25 % und 75 % des prognostizierten Energiebedarfs. Aber auch ohne Technisches Monitoring stellen Nutzer nahezu immer fest, dass Gebäude und Anlagen mit Nutzungsbeginn nicht ordnungsgemäß funktionieren und Behaglichkeitsdefizite vorliegen. Trotz Energiekrise und Klimawandel werden zur schnellen Beseitigung der Nutzerbeschwerden leider allzu oft die falschen Stellschrauben gedreht. Hier hilft das Technische Monitoring, indem es Wissen aus der Planung und Konzeption in den Betrieb überführt und bei der Sicherstellung eines nachweislich nachhaltigen Betriebs unterstützt. Denn nur wer den Sollzustand kennt, kann zielgerichtet bewerten und optimieren.

## Quellen

AMEV, Technisches Monitoring 2020, Empfehlung Nr. 158

VDI 6041 Facility-Management - Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen 2017-07

## Sustainable Information Technology (IT)

Stefan Fütterling (Capgemini, DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

IT ist heute überall: Streaming, Onlinekonferenzen, Suchmaschinen, Bitcoins, Vertrieb von Produkten über das Internet, autonome Fahrzeuge, Steuerung von Fabriken und Lieferketten. Die Unternehmen betreiben riesige Rechenzentren mit einer Vielzahl von Applikationen, um diese digitalen Geschäftsprozesse abzubilden. Die eingesetzten IT-Systeme und Anwendungen spielen dabei aus Sicht der Nachhaltigkeit eine wichtige (doppelte) Rolle: Einerseits bietet die IT vielfältige Möglichkeiten, die Nachhaltigkeit von Produkten über ihren gesamten Lebenszyklus zu verbessern. Andererseits haben die IT-Systeme selbst einen hohen Bedarf an elektrischer Energie.

Schätzungen gehen davon aus, dass der weltweite Energieverbrauch der IT mit 3,7% insgesamt in etwa doppelt so hoch ist wie der Energieverbrauch der zivilen Luftfahrt mit 1,9% [1]. Damit ist die IT einer der größten Energieverbraucher und generiert einen großen Teil der weltweiten CO<sub>2</sub> Emissionen.

Die folgenden Zahlen zu den weltweiten CO<sub>2</sub> Emissionen sollen den relativen Anteil der IT verdeutlichen [2], [3]:

- 18,4% der weltweiten CO<sub>2</sub> Emissionen entstehen durch die Landwirtschaft
- 17,5% durch den Energieverbrauch von Gebäuden
- 11,9% durch Straßenverkehr und Transport
- 7,2% durch die Eisen- und Stahlindustrie
- 5,2% durch industrielle Prozesse, wie z.B. Zementherstellung (CO<sub>2</sub> als Produkt chemischer Prozesse)
- 3,6% durch den Energieverbrauch der Chemieindustrie
- 1,9% durch die Luftfahrt
- 3,7% durch den Energieverbrauch der IT

Der Energieverbrauch der IT wächst dabei überproportional, da die steigenden Volumina an Daten und Transaktionen die Effizienzsteigerungen in der IT Infrastruktur bei weitem übersteigen. Be-

rechnungen zum Energieverbrauch von Rechenzentren gehen von einem Verbrauch von 340 TWh in 2021 aus, was ca. 1,4% des weltweiten Konsums elektrischer Energie entspricht. Dieser Wert ist von 2015 bis 2021 um 60% angestiegen [4].

Ziel des Projektes war zu zeigen, dass durch die Modernisierung bestehender IT Anwendungen eine Energieeinsparung erreicht und damit ein Beitrag der IT zur Nachhaltigkeit eines Unternehmens geleistet werden kann.

### Projektumfang

Im Projekt wurde zunächst evaluiert, auf welchen Ebenen Maßnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von IT-Systemen angesetzt werden können. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Betrachtung nicht nur auf die Datacenter- und Infrastrukturebene beschränkt werden sollte. Einen höheren Beitrag zu einer besseren Nachhaltigkeit liefert eine Konsolidierung und Modernisierung auf der Applikationsebene, wobei moderne Technologien, Architekturen, Plattformen und Betriebsverfahren zum Einsatz kommen. Das größte Einsparpotenzial bietet die Business Ebene, da einfachere Produkte und Geschäftsprozesse auch zu einfacheren IT-Anwendungen und Datenstrukturen führen, die wiederum den Energieverbrauch der IT reduzieren. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Perspektiven auf das Thema Nachhaltigkeit am Beispiel der Automobilindustrie.

Unternehmens-Perspektive	<p><b>Nachhaltigkeits-Strategie des Unternehmens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nachhaltige <b>Produkte und Services</b>, z.B. emissionsfreie Fahrzeuge</li> <li>▪ Nachhaltige <b>Produktion</b>, z.B. <b>CO<sub>2</sub>-neutral Fabriken</b></li> <li>▪ Nachhaltige <b>Lieferketten</b>, z.B. grünen Stahl einsetzen</li> </ul>
Business-Perspektive	<p><b>Nachhaltige Produkte und Geschäftsprozesse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Weniger <b>Produktvarianten</b>, z.B. weniger Konfigurationsmöglichkeiten für Fahrzeuge</li> <li>▪ <b>Geschäftsprozess-Optimierung</b> mit Fokus auf Nachhaltigkeit</li> <li>▪ Effiziente <b>Geschäftslogik und Berechnungsalgorithmen</b>, z.B. Baubarkeitsregeln</li> </ul>
IT-Perspektive	<p><b>Nachhaltige IT Anwendungslandschaften</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einsatz <b>moderner Technologien</b> mit geringem <b>Infrastruktur Footprint</b></li> <li>▪ Einsatz von <b>APIs</b>, um Funktionalität und Daten verfügbar zu machen</li> <li>▪ Vermeidung von <b>redundantem Code und Daten</b></li> </ul>
	<p><b>Nachhaltige IT Plattformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Flexible und skalierbare</b> Plattformen statt dedizierter Infrastruktur</li> <li>▪ Technologien, die Plattformen effizient nutzen, z.B. <b>green/blue Deployments</b></li> <li>▪ <b>Sharing der Plattformen</b> durch mehrere Anwendungen</li> </ul>
	<p><b>Nachhaltige Infrastrukturen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Cloud Services</b> statt dedizierter Lösungen, z.B. verbesserte Skalierbarkeit</li> <li>▪ Effiziente Datacenter mit einem niedrigen <b>Power Usage Efficiency (PUE)</b> Wert</li> <li>▪ <b>Energieeffizientes IT Equipment</b>, hoch virtualisiert</li> <li>▪ Einsatz <b>grüner Energie aus regenerativen Quellen</b></li> </ul>

Abb. 1: Perspektiven auf das Thema Nachhaltigkeit am Beispiel Automobilindustrie

Das Projekt fokussiert auf die 3 Ebenen der IT-Perspektive am Beispiel einer geschäftskritischen

Backend-Anwendung, die Fahrzeug-Stammdaten, Konfigurations- und Baubarkeitsdienste für mehrere Frontend-Anwendungen wie z.B. den Fahrzeug-Konfigurator zur Verfügung stellt.

### Methodik

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs einer Applikation wurde eine neue Methodik entwickelt, die auf dem Infrastruktur Footprint der Applikationskomponenten basiert. Damit ist ein Vergleich des Energieverbrauchs einer Applikation vor und nach der Modernisierung sowie eine Berechnung der CO<sub>2</sub> Einsparung möglich. Die Grundlage zur Bestimmung des Infrastruktur-Footprint einer Anwendung vor und nach der Modernisierung bildet die Anzahl der verwendeten Prozessorcores. Der Energieverbrauch der Cores wird mit dem Faktor 2 multipliziert, um den Energieverbrauch der Server zu bestimmen. Entwicklungs- und Integrationsumgebungen werden nur mit 50% berücksichtigt.

### Modernisierung der Anwendung

Die Modernisierung der Anwendung erfolgte in zwei Schritten:

1. Im ersten Schritt erfolgte ein technisches Refactoring auf einen Open-source Software Stack, Containertechnologie und green/blue Deployments. Durch die Entwicklung eines APIs konnten mehrere Deployments der Anwendung in einem zentralen Service konsolidiert werden. Als Plattform wurde eine Kubernetes-Containerumgebung im Rechenzentrum des Unternehmens gewählt. Durch die Konsolidierung und modernen Technologien konnte der Infrastruktur-Footprint knapp halbiert werden.
2. Im zweiten Schritt wurde die Anwendung in die Public Cloud verlagert. Dadurch profitiert die Anwendung von dem effizienten Cloud Rechenzentrum und dessen niedrigem PUE-Wert.
3. Für den Ausgangszustand, die Kubernetes-Containerumgebung nach Schritt 1 sowie die Public Cloud Umgebung nach Schritt 2 wurde jeweils der Infrastruktur-Footprint nach der angegebenen Methode bestimmt.

### Ergebnisse

Durch die Konsolidierung und Modernisierung der Anwendung konnte der Energieverbrauch insgesamt in beiden Schritten um 15434 kWh/a bzw. um 57% gesenkt werden:

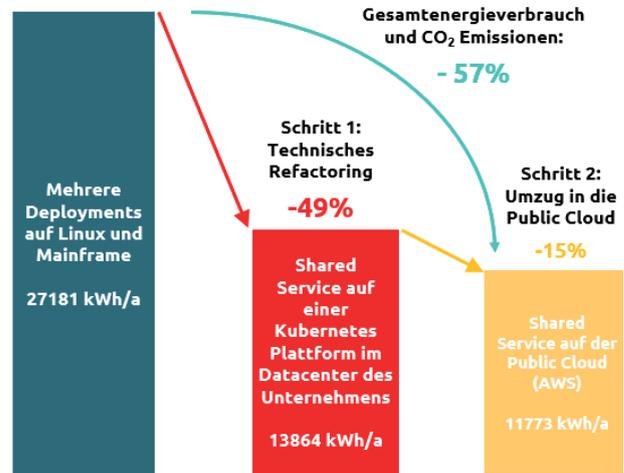


Abb. 2: Energieeinsparung

Die Energieeinsparung entspricht bei den für Deutschland publizierten spezifischen Treibhausgasemissionen von 485 g/kWh CO<sub>2</sub>e einer jährlichen Einsparung von ca. 7,5 Tonnen CO<sub>2</sub> [5].

### Quellen

- [1] Thomas Fuster (2019), Neue Zürcher Zeitung: Streaming ist das neue Fliegen – wie der digitale Konsum das Klima belastet, <https://www.nzz.ch/wirtschaft/streaming-ist-das-neue-fliegen-wie-der-digitale-konsum-das-klima-schaedigt-ld.1474563>
- [2] Hugues Ferreboeuf et al. (2019), The Shift project, Lean ICT – towards digital sobriety, [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report\\_The-Shift-Project\\_2019.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf)
- [3] Hannah Ritchie und Max Roser (2016), Our World in Data – Emissions by Sector, <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
- [4] George Kamiya et al. (2022), International Energy Agency IEA, Data Centres and Data Transmission Networks, Global trends in digital and energy indicators, 2015-2021, <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>
- [5] Umweltbundesamt (2022): CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde Strom steigen 2021 wieder an, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-steigen>



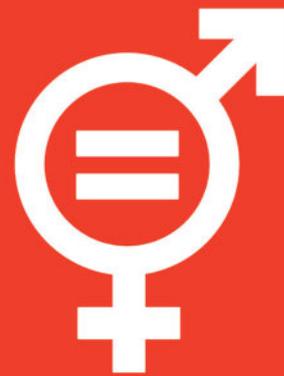
**SESSION 7**

**Gesundheit und Wohlergehen (SDG 3) – Geschlechtergleichheit (SDG 5) – weniger Ungleichheiten (SDG 10)**

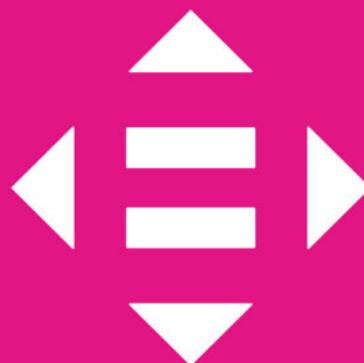
**3** GESUNDHEIT UND  
WOHLERGEHEN



**5** GESCHLECHTER-  
GLEICHHEIT



**10** WENIGER  
UNGLEICHHEITEN



## Nachhaltigkeit und Hitzeschutz in Gesundheitseinrichtungen – DHBW-Studierende entwickeln lehrintegrierte Forschungsprojekte

Margrit Ebinger, Marion Burckhardt, Ivana Birisic (DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

Der Klimawandel beeinflusst weltweit unsere Gesundheit: Steigende Temperaturen mit vermehrt auftretenden Hitzewellen sowie veränderte Niederschläge mit Überschwemmungen wirken sich direkt auf die physische und psychische Gesundheit der Bevölkerung aus (Lancet 2022). Ältere Menschen, Menschen mit chronischen Erkrankungen, Schwangere sowie Säuglinge und Kinder sind von den gesundheitlichen Folgen des Klimawandels ganz besonders betroffen (GERICS 2020), wobei der deutsche Gesundheitssektor selbst dabei für ca. fünf Prozent der nationalen Treibhausgasemissionen verantwortlich ist (Health Care Without Harm 2019). Die Empfehlungen des ersten deutschen Policy Briefs zum Lancet Countdown for Health and Climate Change-Report von 2019 fokussieren dabei insbesondere die Einführung von Hitzeschutzplänen zur Reduktion von hitzebedingten Gesundheitsrisiken, die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitssektors und die Integration von Klimawandel und Gesundheit bzw. Planetary Health in die Aus-, Fort- und Weiterbildung von Gesundheitsberufen (Müller 2018, Lancet 2019).

### Projektdurchführung

Ziel war die Erstellung von evidenzbasierten, an den lokalen Kontext adaptierten Handlungsempfehlungen zu den Themen Nachhaltigkeit und Hitzeschutz in Gesundheitseinrichtungen, die langfristig dazu beitragen sollten, für den Themenbereich Klima & Gesundheit zu sensibilisieren. Das Integrationsseminar wurde dem Ansatz des forschenden Lernens folgend (Huber 2014) im WS 2021/22 mit Studierenden der Studiengänge BWL-Gesundheitsmanagement sowie der Angewandten Gesundheits- und Pflegewissenschaften an der DHBW Stuttgart durchgeführt. Das didaktische Design wurde in vier Stufen gestaltet (Tab. 1) Nach einer Einführung in Thema

und Methoden führten die Studierenden in Anlehnung an den Prozess des Knowledge to Action (KTA)-Framework (Graham 2006) Literatursynthesen durch, um den Know-Do-Gap in ihren Dualen Partnerunternehmen zu bestimmen und erste, an den lokalen Kontext adaptierte Lösungsansätze zu entwickeln. Im Anschluss folgte eine Erhebung der Stakeholderperspektive (qualitativer Forschungsansatz mit Unterstützung des Zentrums für Empirische Forschung) zur Erfassung von Barrieren und Förderfaktoren für die Umsetzung der Lösungsansätze. Diese waren für die weitere Adaption der Konzepte an den lokalen Kontext leitend. Eine Implementierung war im Rahmen des Integrationsseminars nicht angestrebt. Die ausführliche didaktische Konzeption des Seminars wurde publiziert (Burckhardt 2022).

Inhalt	
Stufe 1	Einführung in das Thema „Klima und Gesundheit“ durch Kick-off-Veranstaltung und Moodlekurs mit vertiefenden Informationen
Stufe 2	Literaturrecherche und Evidenzsynthese in Anlehnung an Standards für systematische Übersichtsarbeiten mit transparenter Dokumentation
Stufe 3	Erfassung der Stakeholderperspektive meist in Form von qualitativen Interviews mit Mitarbeiter*innen und Führungskräften im mittleren Management aus den jeweiligen Einrichtungen
Stufe 4	Publikation und Reflexion der Ergebnisse als Gruppenpräsentation und Seminararbeit, Abschlussband

Tab. 1: Vier Prozessstufen im Seminar (Burckhardt 2022)

### Ergebnisse

67 Studierende wurden nach ihren Dualen Partnerinstitutionen in 10 interprofessionell besetzte Gruppen eingeteilt, wobei sich zwei Studierendenprojekte mit Hitzeschutzmaßnahmen für vulnerable Gruppen beschäftigten, alle übrigen Projekte das Thema Nachhaltigkeit in Klinikverwaltungen, Pflegeeinrichtungen oder bei Krankenversicherungen am Beispiel von Abfallentsorgung, Verpflegung oder Papierverbrauch sowie die Möglichkeiten eines Green Hospital Ansatzes im Krankenhaus adressierten.

Tabelle 2 zeigt die von den Studierenden ausgewählten Themen der Studierenden, die Ergebnis-

<p><b>Maßnahmen zum Hitzeschutz für vulnerable Gruppen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prävention von Hitzestress für Pflegefachkräfte - Eine Praxisempfehlung für ein Klinikum der Maximalversorgung</li> <li>• Pflegerische Interventionen zum Umgang und zur Prävention von Hitze im Akutkrankenhaus</li> </ul>
<p><b>Nachhaltigkeit in Gesundheitseinrichtungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltigkeit im Krankenhaus</li> <li>• Abfalltrennung im psychiatrischen Krankenhaus</li> <li>• Nachhaltige Verpflegung im Krankenhaus am Beispiel einer Kliniken gGmbH</li> <li>• Nachhaltigkeit in der Krankenhausverwaltung – Entwicklung geeigneter Handlungsempfehlungen für einen nachhaltigen Ressourcenverbrauch</li> <li>• Implementierung von Nachhaltigkeitsmanager*innen in Krankenversicherungen – Ein Beitrag zur Nachhaltigkeit in Unternehmen der Gesundheitswirtschaft</li> <li>• Nachhaltige Essensversorgung – Optimierung der Essensversorgung in Pflegeeinrichtungen</li> </ul>
<p><b>Möglichkeiten eines Green Hospital Ansatzes im Krankenhaus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwirklichung des Green-Hospital-Ansatzes in einer Kliniken GmbH</li> <li>• Gestaltungsmöglichkeiten für ein nachhaltiges Krankenhaus - unter Beachtung der Green Hospital Ansätze</li> </ul>

Tab. 2: Themen der Studierendenprojekte

se der Studierendenkonzepte wurden in einem gemeinsamen Abschlussband zusammengefasst (Ebinger 2022).

### Schlussfolgerung

Im Integrationsseminar ist es gelungen, DHBW-Studierende im 3. Studienjahr für die Thematik Klimawandel und Gesundheit zu sensibilisieren und sie frühzeitig als zukünftige Multiplikator\*innen für weiterführende Strategien oder Projekte im Bereich Nachhaltigkeit/Hitzeschutz in ihren Gesundheitseinrichtungen zu gewinnen. Da die von den Studierenden ausgesprochenen Empfehlungen auf systematischen Literaturanalysen basieren und durch die Erhebung der Stakeholderperspektive an den lokalen Kontext adaptiert wurden, haben sie das Potenzial zur Umsetzung und bieten zahlreiche Ansatzpunkte, Nachhaltigkeit und Hitzeschutz in Einrichtungen des Gesundheitswesens voranzutreiben.

### Quellen

Burckhardt, M., Birisic, I., Ebinger, M. (2022): Nachhaltigkeit und Hitzeschutz in Gesundheitseinrichtungen-Didaktisches Design eines Integrationsseminars an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg. *Lehren und Lehren im Gesundheitswesen*, 8, 65-77.

Climate Service Center Germany (GERICS) (2020): *Gesundheit und Klimawandel*, 2. Auflage.

Ebinger, M., Burckhardt M., Birisic I. (Hrsg.) (2022): *Klima-*

*wandel und Gesundheit - Studierendenprojekte zu Hitzeschutz und Nachhaltigkeit in Gesundheitseinrichtungen*, DHBW.

Graham, I. D., Logan, J., Harrison, M. B., Straus, S. E., Tetroe, J., Caswell, W., & Robinson, N. (2006). Lost in knowledge translation: time for a map? *J Contin Educ Health Prof*, 26(1), 13-24. doi:10.1002/chp.47.

Health Care Without Harm: HEALTH CARE'S CLIMATE FOOTPRINT (2019), <https://noharm-global.org/> (Stand 18.04.2023).

Huber, L. (2014). *Scholarship of Teaching and Learning: Konzept, Geschichte, Formen, Entwicklungsaufgaben*. In L. Huber, A. Pilniok, R. Sethe, B. Szczyrba, & M. Vogel (Eds.), *Forschendes Lehren im eigenen Fach. Scholarship of Teaching and Learning in Beispielen* (pp. 19-36). Bielefeld: Bertelsmann.

## **Gerechtigkeit in der Psychotherapie: Entwicklung eines Inventars zur Erhebung von Ungerechtigkeitswahrnehmung bei traumatisierten Personen und eines Behandlungsmanuals mit Gerechtigkeitsfokus**

Johanna Neumann, Anna Weigelt (DHBW VS – ITG)

### **Ausgangssituation**

Seelische Verletzungen von Überlebenden großer Unrechtserfahrungen und Verbrechen gegen die Menschlichkeit können nach Annahmen von Expert:innen frühestens dann nachhaltig geheilt werden, wenn die Betroffenen Gerechtigkeit erfahren. Um die Auswirkungen von Ungerechtigkeit im Rahmen von Krieg und Flucht besser verstehen zu können, wurde am ITG ein Inventar zur Erhebung von Ungerechtigkeitswahrnehmung bei traumatisierten Personen entwickelt (Neumann, Berger & Kizilhan, 2021). Um den „Perceived Injustice Questionnaire“ (PIQ) transkulturell einsetzen zu können, muss das Inventar evidenzbasiert in verschiedene Sprachen übersetzt und die Sprachversionen psychometrisch untersucht werden. Innerhalb des Panels sollen die ukrainische und die kurdische Version des Inventars vorgestellt und diskutiert werden.

### **Erhebung PIQ Ukraine**

Die Erhebung der ukrainischen Version des PIQs findet über einen Online-Fragebogen statt, welcher neben Gerechtigkeitswahrnehmung traumatisierende Erfahrungen sowie Symptome einer Depression, Angststörung und PTBS erfasst. Teilnehmende werden über soziale Netzwerke, die Unterstützung ukrainischer Aktivist:innen sowie Einrichtungen für Geflüchtete erreicht. Die Erhebungen werden im Mai 2023 abgeschlossen.

### **Erhebung PIQ Irak**

Die kurdische Version des PIQ wird voraussichtlich ab Juni 2023 in Geflüchtetenlagern in Kurdistan, Irak, getestet. Psycholog:innen der Projekte vor Ort werden die Einzelinterviews erheben. Neben der Validierung des PIQs ist eine Untersuchung von Unterschieden in der Wahrnehmung von (Un-)Gerechtigkeit innerhalb der jesidischen Bevölkerung geplant, bei welcher Betroffene mit

und ohne Flucht- und Gefangenenschaftserfahrungen verglichen werden.

### **Trauma-Manual mit Gerechtigkeitsfokus**

Aufbauend auf dem am ITG entstandenen Traumaworkbook (Kizilhan et al, 2019) und dem PIQ stellen wir uns zudem die Frage, wie Unrechtserfahrungen und die Wahrnehmung von Ungerechtigkeit in die Psychotherapie von Menschen aus (Post-)Konfliktregionen integriert werden kann. Ausgehend von kognitiv-verhaltenstherapeutischen Ansätzen zur Depressions- und Traumabehandlung wird unter Einbeziehung kultursensitiver Ansätze ein Manual entwickelt, dessen vorläufige Inhalte präsentiert werden.

### **Aussicht**

Neben individuellen Merkmalen können durch Untersuchungen in verschiedenen kulturellen Gruppen auch kulturspezifische Unterschiede im Umgang mit Unrechtserfahrungen erfasst werden. Die Ergebnisse sollen genutzt werden, um ein therapeutisches Modulhandbuch zu entwickeln, das in verschiedenen kulturellen Gruppen eingesetzt werden kann und dabei nicht auf einer rein westlichen Vorstellung von Gerechtigkeit und mentaler Gesundheit basiert.

### **Quellen**

Kizilhan, J. I. & Neumann, J. (2020). The Significance of Justice in the Psychotherapeutic Treatment of Traumatized People After War and Crises. *Frontiers in psychiatry*, 11, 540.

Kizilhan, J. I., Friedl, N., Steger, F., Rüegg, N., Zaugg, P., Moser, C. T. & Hautzinger, M. (2019). *Trauma Workbook for Psychotherapy Students and Practitioners* (1. Auflage). Pabst Science Publishers.

Neumann, J. C., Berger, T. & Kizilhan, J. I. (2021). Development of a Questionnaire to Measure the Perceived Injustice of People Who Have Experienced Violence in War and Conflict Areas: Perceived Injustice Questionnaire (PIQ). *International journal of environmental research and public health*, 18(23).



## **FamilienKULTUREN: Kultur-, religions- und diskriminierungssensibles Handeln in Kita und Schule**

Aufwachsen in Wohlergehen / Entwicklung eines Curriculums mit Handreichung für eine bedarfsorientierte Fortbildung für das Präventionsnetzwerk Ortenaukreis (PNO)

Lydia Maidl, Claudia Klett, Florian Steger (DHBW Villingen-Schwenningen/Institut für Transkulturelle Gesundheitsforschung)

### **Ausgangssituation**

Mehr als 39 % der Kinder und Jugendlichen in Deutschland haben einen sogenannten Migrationshintergrund (Statistisches Bundesamt 2023, S. 68). Die Tendenz ist weiter zunehmend. Unterschiedliche Herkünfte sowie heterogene Migrationsformen und -erfahrungen sind ein wesentlicher Bestandteil der soziokulturellen Vielfalt in Deutschland. In den Einrichtungen des Erziehungs- und Bildungssystems sowie in der Ausbildung von pädagogischen Fachkräften und Lehrkräften wird dieser Entwicklung bislang noch zu wenig Rechnung getragen. Dies führt zu Chancenungleichheit, Benachteiligungen und Ausgrenzungen von Menschen, die nicht der Mehrheitsgesellschaft angehören.

Dies nahm das PNO zum Anlass, uns mit der Entwicklung eines Curriculums mit Handreichung für bedarfsorientierte Fortbildungen zum Thema „FamilienKULTUREN – aufwachsen in Wohlergehen“ für Fach- und Lehrkräfte aus Krippen, Kitas, Grundschulen, Schulen der Sek I und II sowie Förderschulen im Ortenaukreis zu beauftragen.

Das Projekt schließt sich an das SDG 3 „Gesundheit und Wohlergehen“ und SDG 4 „Hochwertige Bildung“ an, indem es darauf abzielt, einen gleichberechtigten Bildungszugang für alle (im Landkreis Ortenau) zu fördern sowie allen Kindern und Jugendlichen den Abschluss einer gerechten Grund- und Sekundarbildung zu ermöglichen. Diskriminierungssensibles Handeln und Verhalten in Kita und Schule ist eine wesentliche Basis für psychische und physische Gesundheit.

### **Zielsetzung, Inhalte und Aufbau**

Die Fortbildung soll dazu beitragen, dass sich Fach-, Leitungs- und Lehrkräfte ihrer eigenen,

sowie der institutionellen soziokulturellen „Normalität“, ihrer Zuschreibungen und Haltungen bewusster werden. Sie möchte sie befähigen, in ihren Einrichtungen kulturelle Vielfalt als Ressource zu nutzen, die Zugehörigkeit und Teilhabe von allen Kindern, Jugendlichen und Familien an Bildungs- und Gesundheitsressourcen zu fördern und gegen Ausgrenzungen präventiv und aktiv vorzugehen. Die Entwicklung von für die jeweilige Einrichtung bzw. Schule passgenauen Angeboten soll angestoßen werden.

Dafür kristallisierten sich fünf wesentliche Themenschwerpunkte heraus:

1. Kultur – was ist das? Einführung in unterschiedliche Kulturbegriffe und ihre Konsequenzen für Denken und Handeln. Impulse zur Selbstreflexion.
2. Kulturelle und religiöse Vielfalt wahrnehmen und wertschätzen: Sensibilisierung für den Umgang mit Zuschreibungen und Stereotypisierungen und ihren Wirkungen (Diskriminierung, Rassismus, gesundheitliche Folgen).
3. Migration – Hintergründe und Auswirkungen: Einführung in Phasen der Migration, Aufgaben der „Identitätsarbeit“ für Kinder und Jugendliche; Sensibilisierung für Konfliktfelder und Einübung des „Rollentauschs“. Fallbeispiele aus Kita und Schule.
4. Kultur- und vielfaltssensible Zusammenarbeit mit Kindern, Eltern und Familien: Einführung in bis heute wirksame pädagogische Traditionen im Umgang mit „Eltern mit Zuwanderungsgeschichte“. Sensibilisierung für die eigenen „Brillen“ in der Wahrnehmung. Vorstellung von Grundhaltungen in der Zusammenarbeit mit Eltern
5. Anregungen für eine Stärkebilanz und für die Planung eines nachhaltigen Prozesses der Sensibilisierung in der jeweiligen Einrichtung

Die Handreichung umfasst Hintergrundinformationen, Ziel- und Kompetenzformulierungen, Vorschläge zu Ablauf und Methodik, Materialien (Arbeitsblätter, Präsentationen etc.), Literaturhinweise und Empfehlungen von weiterführenden Materialien und Unterstützungsangeboten.

## **Projektdurchführung, methodisches Vorgehen und erste Rückmeldungen**

Basis für die Entwicklung waren neben einem ausführlichen Literaturstudium und Erfahrungen der Autor:innen aus Schultätigkeit und Familie drei Fokusgruppengespräche mit Fach- und Lehrkräften im Ortenaukreis, gegliedert nach Elementar-, Primar- und Sekundarbereich, die zusammenfassend inhaltsanalytisch ausgewertet wurden.

Für die praktische Umsetzung des Curriculums im Ortenaukreis führten wir im Februar 2023 eine zweitägige Referent:innen-Schulung durch. Sowohl bei den Referent:innen, die alle lange Erfahrung im Feld haben und teils auch familien-therapeutisch tätig sind, als auch bei den Verantwortlichen des PNO, die bereits eine große Zahl an Curricula begutachteten, fanden Konzept und Ausarbeitung ein sehr gutes Feedback. Ausdrücklich wurde zu einer Publikation geraten, was wir aktuell umsetzen. Die Dringlichkeit des Anliegens und die Relevanz der von uns gewählten Zugänge zeigte sich in den Gruppen- und Plenumsgesprächen, insbesondere anhand der Erfahrungsberichte derjenigen Teilnehmenden, die persönlich sogenannten Migrationshintergrund haben.

Religion, Glaube, Spiritualität als ein Teil von Kultur bedürfen einer eigenen Akzentuierung. Die hohe Bedeutung einer Religionssensibilität in Kita und Schule wird erforscht und pädagogisch entfaltet. Entsprechend kommt ihnen ein wichtiger Stellenwert in der Fortbildung zu.

Forschungen zeigen, dass der Bedarf darüber hinaus in Felder geht, die für die DHBW besonders relevant sind: die Gesundheitsversorgung und die psychosoziale Beratung und Begleitung. Gefordert und erforscht wird eine

## **„Begleitungskompetenz zu Fragen von Religion, Glaube und Spiritualität in der transkulturellen psychosozialen Beratung und Gesundheitsversorgung“**

Lydia Maidl

Forschungen zeigen, dass Glaube, Religion und/oder Spiritualität für viele Menschen, die aus anderen Teilen der Welt und aus anderen Kulturen

zu uns kommen, für die Verarbeitung ihrer Erfahrungen von hoher Relevanz sind. Zugleich sind sie oft ein reichlich unsicheres Gewässer, Ressource und Last in einem, insofern sie auch Ursache von Diskriminierungen sind.

In den in unserer westlich-säkularen Welt ausgeprägten psychosozialen Unterstützungsformen und Therapien kommt diesen Themen bisher keine oder geringe Bedeutung zu. In der professionellen Begleitung und Behandlung werden sie daher als solche meist nicht erkannt oder nicht angemessen adressiert und das Ressourcenpotenzial bleibt ungenützt.

Für Personen in psychosozialen, therapeutischen und pädagogischen Berufen, die Menschen nach Flucht und Migration begleiten oder behandeln, ergibt sich daher ein hoher Reflexions-, Sensibilisierungs- und Weiterbildungsbedarf. Diese wesentliche Dimension professionell mit in den Blick zu nehmen und kompetent einzubeziehen, ist ein wichtiger Beitrag zu einer nachhaltigen Gesundheitsversorgung im Sinne des SDG 3. Die Wissenschaft „Spiritual Care“ hat dieses als ein zentrales Anliegen.

### **Quellen**

Baumann M, Nagel A-K. (2023) Religion und Migration. Baden-Baden: Nomos-Verlagsgesellschaft.

Maidl, L. (2022). Religion und Spiritualität in transkultureller Perspektive. In: Kizilhan, J.I., Klett, C. (2022) Lehrbuch Transkulturelle Traumapädagogik (S. 121–150). Weinheim, Basel: Beltz-Juventa.

Maidl, L (2020) (Hg.). Leben mit Trauma nach Flucht und Migration. Spiritual Care 9/4: S. 299-400.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023). Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Bevölkerung mit Migrationshintergrund – Ergebnisse des Mikrozensus 2021 –. Statistisches Bundesamt, Fachserie 1 Reihe 2.2, 2021 (Endergebnisse).

## The Impact of Media on the Acculturation of East African Immigrants in Germany: Case Study of local Television Channels

Judith Flora Etabale Wanda (Saint Augustine University of Tanzania), Michael Andindilile (University of Dar es Salaam), Sabine Moebs, Brigitte Ilg (DHBW Heidenheim)

### Introduction

In order to understand how immigrants, adapt to the new culture various immigration studies have attempted to examine the relationship between immigrants' media use and their assimilation. The Sustainable Development Goals (SDG) number ten section seven, which addresses promoting orderly, safe, regular, and responsible migration and mobility of people, is the primary reference in this study. So, this research focuses on how local media in Germany contribute significantly to achieving this goal by analysing how media content aids East African immigrants in adapting into German society. In Africa, when one travels abroad, especially to Europe, it is regarded as prestigious as he or she is considered to be well exposed and knowledgeable. Due to colonialism, many Africans feel strongly connected to former colonial powers, and consider them a logical extension of their personal radius. In the cultural adjustment process, just like other immigrants' East Africans (Kenya, Tanzania and Uganda) in Germany face challenges such as language barriers, sense of loss when adjusting to a new culture, cultural shock, adjusting to a new cultural system, lack of social support, and alienation from locals. As such, the demands for cross-cultural adjustment may be felt more intensely by these immigrants and hence while trying to figure out how to adapt to new environment their only source of help comes from where they can access information.

### Project Description

It is pertinent to study the role media plays in acculturation of immigrants in a new environment. This paper examines impact of media on acculturation of East African immigrants in Germany a

case study of Germany Television channels. This was done by measuring the following;

### Research objectives

- To find out the roles that news media play in the acculturation of East African immigrants in Germany
- To find out factors that affect East African immigrants' news media usage in Germany
- Find out the extent at which news media consumption affect the acculturation of East African immigrants in Germany

### Acculturation and Immigrants' cultural adaptation process

The 21st century has resulted into globalisation that has seen immigration be regarded as one of the most important aspect to each and every country as it plays a key role in the overall development of a nation. Migration usually contains a lot of deconstructions and reconstructions of cultural beliefs of the migrants based on the new environment they are moving to. The process of migration often sees migrants leaving their indigenous world in search of a better future for themselves and for their family members which are often accompanied by lots of hopes and aims.

### Media and Migration; Europe and Africa

Rapid development of technology has led to easy access of information hence influenced the way immigration issues are covered as well as the way it is framed in the media as this is an important determinant of immigrants and natives' perceptions towards immigration. According to Krüger Zapf-Schramm 2016, Haller 2017, & Moore 2018, news about migrants and refugees have dominated media agendas in European countries for quite a long time. Various media works on framing their immigration content to make sure that it covers various keys areas that immigrants would want to know while in the process of immigration. Stromback 2017 supports the framing concept where he states that news coverage of immigration focuses on issue-specific frames, and thus often analyse the importance of economic, welfare, cultural, or security considerations in migration coverage. It is widely agreed that mass media in the host country play a crucial role in newcomer

acculturation. According to Reece and Palmgreen (2000), in their study they found out that there is a strong and significant correlation between TV viewing motives and need for acculturation, which shows that newly arrived immigrants who are willing to acculturate are more likely to consume mass media as a way of gaining cultural information. This is one of the many ways that can be used to understand and adjust to a new culture in mainstream society, the interaction with mainstream mass media messages is convenient tool for them to use since it draws upon a symbolic environment as well as reflects dominant cultural values and practices in society (Moon & Park, 2007).

### **Methodology**

This research employed the quantitative approach to measure the strength of the relationship between media use and acculturation of East African immigrants in Germany. A Non-probability sampling method was used to select respondents, as this is a suitable way to select a sample with little or no cost and for those research studies that do not need representativeness of the population (Babbie 2015). Respondents for this study were selected using a purposive sampling approach as the research sample required specific characteristics such as East Africa origin, living in Germany and watches local television channels. The Pearson r test was used to gauge and explain the strength of the relationship between television usage, users and gratification and their acculturation in Germany.

### **Findings**

The positive correlations between users and gratification obtained from television channels by East Africans in Germany and their acculturation found in this study is consistent with previous research done by Reese and Palmgreen (2000) this where they found out that there is a strong and significant correlation between TV viewing motives

and need for acculturation, which shows that immigrants who are in a new country and are undergoing acculturation are more likely to use mass media as a way of gaining cultural information in the new environment. Since most of the immigrants requires time to make friends, amongst many of the ways that can be used to understand and adjust to a new culture in mainstream society. The interaction with mainstream mass media messages is useful tool for immigrants to use since it draws upon symbolic environment as well as reflects dominant cultural values and practices in society as seen from the results in this study (Moon & Park, 2007).

### **Conclusion**

This study confirms what many scholars have studied about mass media in order to investigate its impact on the acculturation process. It is broadly approved that mass media in the host country play a crucial role in immigrants' acculturation. As defined in acculturation, immigrants modify their social identity, perception and behavior, which are shaped and influenced through mainstream mass media such as television.

### **Source index**

Krüger, Udo Michael/Zapf-Schramm, Thomas (2016): Info-Monitor 2015: Europa und Deutschland rücken ins Zentrum globaler Krisen, in: Media Perspektiven 2/2016, 70-97.

Haller, Michael (2017): Die „Flüchtlingskrise“ in den Medien. Tagesaktueller Journalismus zwischen Meinung und Information. OBS-Arbeitsheft 93, www.otto-brenner-stiftung.de

Reece, D., & Palmgreen, P. (2000). Coming to America: Need for acculturation and media use motives among Indian sojourners in the U.S. *International Journal of Intercultural Relations*, 24(6): 807-824.

Moon, S. J., & Park, C. Y. (2007). Media Effects on Acculturation and Biculturalism: A Case Study of Korean Immigrants in Los Angeles' Korea town. *Mass Communication and Society*, 10 (3): 319-343. doi: 10.1080/15205430701407330

Babbie, E. R. (2015), *The Practice of Social Research*, Nelson Education.

## Schutzkonzepte vor sexualisierter Gewalt nachhaltig verankern

Forschung an Hochschulen und mit Dualen Partnereinrichtungen

Anja Teubert & Julia Huber (DHBW Stuttgart)

Die Sozialarbeitswissenschaft beschäftigt sich mit den Bedingungen für ein gelingendes (Zusammen)Leben, weil empirisch belegt ist, dass individuelle Hilfen nur nachhaltig wirken, wenn die sozialräumlichen Ressourcen derart ausgestaltet sind, dass Menschen die Möglichkeit haben zu partizipieren und Verwirklichungschancen zu nutzen (Sen 2020, Teubert & Krucher 2017; Albus et al. 2010). Im Zusammenhang mit dem Erreichen der globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDG) spielt Soziale Arbeit daher für die meisten der 17 Ziele eine bedeutende Rolle. Mit der Verankerung von Gewaltschutzkonzepten, die an den Strukturen und damit der Haltung der sie nutzenden Akteur:innen ansetzen, kann ein Beitrag zur Erfüllung von mindestens fünf folgenden SDG-Zielen geleistet werden:

1. Gesundheit und Wohlergehen (3)
2. Geschlechter & Gleichheit (5)
3. Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum (8)
4. Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen (16)
5. Weniger Ungleichheiten (10)

Gewaltpräventive Ansätze, die institutionell getragen sind, leisten grundsätzlich einen Beitrag zum gesellschaftlichen Zusammenleben, zur Gesundheit und damit auch dazu, dass Menschen in der Lage sind zu einem friedlichen Zusammenleben, zur Weiterentwicklung von Technologien und Märkten beizutragen. Gesamtgesellschaftlich und ideal betrachtet, können gut verankerte Gewaltschutzkonzepte die Kultur des Zusammenarbeitens und -lebens derart verändern, dass ein achtsamer, grenzachtender Umgang gepflegt wird, der letztlich auch zu einem achtsamen Umgang mit sozialräumlichen Ressourcen beiträgt. Die beiden Forschungsprojekte, „Organisationsentwicklung zum Schutz vor sexualisierter Gewalt und sexueller Diskriminierung – implementierungsrelevante Faktoren am Lern- und Arbeitsort

Hochschule“ (Simon 2022) und „Nachhaltige Verankerung von institutionellen Schutzkonzepten zur Prävention sexualisierter Gewalt in pädagogischen Kontexten“ (Teubert & Huber 2021), befassen sich mit dem Gewaltschutz und fokussieren dabei die sexualisierte Gewalt als eine der tabuisierten Gewaltphänomene, die weitreichende Folgen für das gesellschaftliche Zusammenleben hat. Sowohl in (pädagogischen Kontexten als auch in Einrichtungen der Kinder-, Jugend-, Eingliederungs- und Altenhilfe, in Wirtschaftsunternehmen und an Hochschulen, wird das Thema in den letzten 15 Jahre vermehrt aufgegriffen. Durch bestehende Hierarchien und Abhängigkeitsverhältnisse stellen diese Orte selbst einen besonderen Risikoraum für Grenzverletzung bis hin zu sexualisierter Gewalt dar und haben damit einen Einfluss auf die Studier- und Lebensfähigkeit von Menschen in den Organisationen. Mit universellen Präventionsansätzen wie der Gesetzgebung wurden in den vergangenen Jahren Gesetze auf Bundes- und Landesebene verabschiedet, die die hier fokussierten Institutionen (Hochschulen/soziale Einrichtungen) verpflichten, Maßnahmen für den Gewaltschutz zu treffen. Gesetzesänderungen und die daraufhin erfolgte Berufung von Ansprechpersonen oder das Schreiben eines Schutzkonzepts allein trägt jedoch nicht zum Schutz vor sexualisierter Gewalt bei. Es bedarf bestimmter Faktoren, die ein Schutzkonzept in seiner Wirksamkeit unterstützen. Daher werden unter anderem folgende forschungsleitende Fragestellungen in beiden Projekten untersucht:

1. Welche Faktoren fördern eine Kultur des grenzachtenden Verhaltens in Organisationen?
2. Wie können diese Faktoren nach deren Einbettung in Schutzkonzepte zur Prävention sexualisierter Gewalt nachhaltig verankert werden?

Das Forschungsdesign sieht jeweils einen Mixed-Methods-Ansatz vor: Mittels quantitativer Fragebogenerhebung, Fokusgruppen- und Einzelinterviews, einer Risikoanalyse sowie der Auswertung von Prozessdokumentationsleitfäden und regelmäßigen Reflexionstreffen werden unter anderem unter Anwendung der Grounded Theorie (Corbin & Strauss 2014) verschiedene Perspektiven für die Beantwortung der Forschungsfragen nutzbar gemacht. Während Katharina Simon die Hochschulen in Baden-Württemberg fokussiert, arbei-

ten Julia Huber und Anja Teubert gemeinsam mit den Dualen Partnerinnen Stiftung St. Franziskus Heiligenbronn und Johannes-Diakonie Mosbach an den Bedingungen zur Verankerung von Schutzkonzepten.

Katharina Simon konnte mittels quantitativer Befragung erste Ergebnisse zu den strukturellen Bedingungen der Ansprechpersonen zu Fragen sexueller Belästigung sichtbar machen. Ein deutliches Ergebnis dieses ersten Teils ist die in zwei Dritteln der Hochschulen unzureichende Ressourcenausstattung. Die ersten Ergebnisse der quantitativen Erhebung im hochschulbezogenen Projekt fließen nun in den qualitativen Erhebungsteil ein. Dazu werden Interviews mit den Hochschulleitungen geführt. Auf Basis einer breit angelegten Risikoanalyse wurden durch die hier gewonnenen Erkenntnisse im Projekt SchukoV2024 fünf zentrale Maßnahmen entwickelt, die im Zeitraum Januar bis September 2023 umgesetzt und prozesshaft reflektiert werden.

Die Zwischenergebnisse und das methodische Vorgehen beider Projekte werden im Wissenschaftsnetzwerk sexualisierte Gewalt Baden-Württemberg, in Reflexionsrunden mit den Dualen Partner Vertretenden sowie im wissenschaftlichen Beirat von SchukoV2024 kontinuierlich reflektiert. Die Ergebnisse werden dokumentiert und abschließend analysiert. Übergreifend sind folgende Zwischenergebnisse bedeutsam für beide Forschungsprojekte:

- Maßnahmen im Bereich der Prävention scheinen einfacher zu realisieren zu sein. Interventionen während und nach Gewalt sind von großen Unsicherheiten geprägt oder bleiben ganz aus.
- Gewaltereignisse haben einen nachhaltigen Einfluss auf Teams, sowohl auf direkt als auch auf die indirekt beteiligten Personen. Jedes Teammitglied ist involviert oder berührt – vor, während und nach Bekanntwerden eines Vorfalles.
- Muster und Glaubenssätze einzelner Personen und von Teams beeinflussen den Umgang mit Gewaltereignissen.

Leitungskräfte und explizit für den Gewaltschutz vorgesehene Mitarbeitende tragen maßgeblich zur Verankerung bei. Die für diese Arbeit notwendigen Ressourcen müssen von den Organisationen bereitgestellt werden. (Teubert & Huber 2023)

## Quellen

Albus et al. (2010): Wirkungsorientierte Jugendhilfe. Abschlussbericht der Evaluation des Bundesmodellprogramms „Qualifizierung der Hilfen zur Erziehung durch wirkungsorientierte Ausgestaltung der Leistungs-, Entgelt- und Qualitätsvereinbarungen nach §§ 78a ff SGB VIII“. Hg. v. ISA Planung und Entwicklung GmbH, Münster.

Corbin, J.; Strauss, Anselm (2014): Basics of qualitative research. Sage. New York, London, New Delih

Simon, K. (2022): Organisationsentwicklung zum Schutz vor sexualisierter Gewalt und sexueller Diskriminierung – implementierungsrelevante Faktoren am Lern- und Arbeitsort Hochschule. Forschungskonzept. DHBW Stuttgart, Universität Vechta. (unveröffentlicht).

Teubert, A.; Huber, J.: Nachhaltige Verankerung von institutionellen Schutzkonzepten zur Prävention sexualisierter Gewalt in pädagogischen Kontexten. DHBW Stuttgart. Unveröffentlicht.

Teubert, A.; Krucher, D. (2017): Das Fachkonzept Sozialraumorientierung als Basis einer wirkungsorientierten Kinder- und Jugendhilfe. In: Michael Noack (Hg.): Empirie der Sozialraumorientierung. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa, S. 98–200.

## Soziale Ungleichheit und ökologische Krisen: Gedanken zur nachhaltigen Transformation am Beispiel des Gender Climate Gaps

Barbara Schramkowski (DHBW Villingen-Schwenningen)

### Ausgangssituation

Die Folgen der Klimakrise und der Zerstörung multipler ökologischer Systeme sind, wie die Sachstandsberichte des UN-Weltklimarates (IPCC) immer wieder aufzeigen, eine existenzielle Bedrohung. Die Zerstörung von Biodiversität und die Erhitzung des Klimas gefährden die menschliche Gesundheit und in letzter Konsequenz das menschliche Überleben. Gleichzeitig schwindet die Zeit, um irreversible Schäden noch (teilweise) zu verhindern. Dennoch spiegeln politische Maßnahmen die Existenzialität und Dringlichkeit der Situation nicht wider und bleiben weit hinter gesetzlichen Verpflichtungen wie den Pariser Klimazielen zurück.

Dabei fällt auf, dass dominante Diskurse als Lösungen v.a. technologische Innovationen und die Kompensation von Emissionen fokussieren. Strukturelle Machtverhältnisse und hiermit verbundene soziale Ungleichheiten und ihre Relevanz für das Entstehen und die Folgen der globalen ökologischen Krisen hingegen werden wenig beachtet. Obwohl es soziale Lebens- und Wirtschaftsweisen und hiermit verbundene Strukturen sind, die in diese existentiellen Krisen geführt haben - verbunden mit der Annahme, soziale und ökologische Ressourcen stünden (auf einem Planeten mit begrenzten Ressourcen) für ökonomische Profite (mancher Menschen) unbegrenzt und kostenlos zur Verfügung. Folglich ist es für die nachhaltige Transformation gesellschaftlicher Strukturen zentral, den Fokus auf soziale Verhältnisse in ihren Interdependenzen mit den ökologischen Krisen zu legen. Hier werden diese Interdependenzen exemplarisch an Geschlechterverhältnissen mit dem Fokus auf der Diskriminierung von Frauen\* im Zusammenhang mit den ökologischen Krisen aufgezeigt.

### Gender Climate Gap

Die ökologischen Krisen sind in ihrer Genese und ihren Folgen mit patriarchalen Machtverhältnissen verzahnt, welche die profitorientierte Beherrschung von Natur und allen Lebewesen legitimieren und menschliche Abhängigkeiten von ökologischen Räumen ignorieren. Hier sind Frauen\* bedingt durch Geschlechterverhältnisse mehrheitlich anders als Männer\* mit den ökologischen Krisen verwoben. Dabei können folgende Aspekte zur Situation von Frauen\* benannt werden, die in ihren Interdependenzen den Gender Climate Gap (Schramkowski/Klus 2023; Klus/Schramkowski 2022) kennzeichnen:

- Frauen sind durchschnittlich von den Krisen stärker betroffen als Männer\*, u.a. aufgrund der patriarchalen Aufteilung familiärer Care-Arbeit, die durch verminderte Zugänge zu Wasser und Nahrung, insbesondere in Ländern im Globalen Süden, erschwert wird.
- Gleichzeitig tragen Frauen\* weniger Verantwortung aufgrund tendenziell umweltbewussterer Handlungen und der geringen Teilhabe an kollektiven Entscheidungen, welche die ökologischen Zerstörungen „befördert“ haben, auch da sie durch die Abwertungen von Care-Arbeit mehrheitlich über wenig ökonomische Ressourcen verfügen und weniger konsumieren (können).
- Oft werden sie als Vorreiterinnen guter ökologischer Praxis betitelt, denen nachhaltigere Konsum- und Mobilitätsmuster zugeschrieben werden. Benannt wird auch der hohe Anteil an Frauen\* in der Klimabewegung. Anzunehmen ist, dass diese ökologischen Care-Arbeiten mit vergeschlechtlichem Wissen, Fähigkeiten und empfundenen Verantwortlichkeiten für den Erhalt des Lebens zusammenhängen. Gleichzeitig birgt die Perspektive das Risiko naturalisierender Zuschreibungen, also der Feminisierung von Umweltverantwortung.
- Frauen\* sind in klimapolitischen Verhandlungen und Entscheidungen unterrepräsentiert, was mit ihrer geringen Repräsentanz in (politischen) Führungspositionen zusammenhängt.
- Dies trägt dazu bei, dass feministische Diskur-

se, die soziale Ungleichheit als Ursache und Folge der ökologischen Krisen fokussieren und unserer Lebensweise kritisieren, in Entscheidungsprozessen vielfach marginalisiert bleiben. Ebenso wie das Sprechen über mit den Krisen verbundene Gefühle wie Angst, Wut, Ohnmacht, Trauer, was eine Erklärung für die Stagnation von Transformation ist. Dominant bleibt das „rational-männlich“ konnotierte Narrativ der Beherrschung der Klimakrise durch Technologie zur Aufrechterhaltung des Status quo von Wirtschaftswachstum.

Die Strukturmerkmale des Gender Climate Gaps betrachtend, werden Parallelen mit dem Gender Care Gap deutlich, der darauf verweist, dass gesellschaftlich notwendige Care-Arbeit im privaten (unbezahlten) und professionellen (schlecht vergüteten) Bereich überwiegend von Frauen\* verantwortet wird. So sind sie für die ökologischen und sozialen Krisen tendenziell weniger verantwortlich und gleichzeitig stärker von den Herausforderungen betroffen. Zudem leisten sie größere Beiträge zu ihrer Bewältigung, sind aber in politisch relevanten Entscheidungsgremien unterrepräsentiert, die weiter von „männlichen“ Perspektiven und hiermit verbundenen Politiken dominiert werden.

Zugleich werden Bezüge von sozialer und ökologischer Care-Arbeit evident, da beide auf die dem Leben inhärenten zwischenmenschlichen Abhängigkeiten und Verletzlichkeiten antworten. Dieses erweiterte Verständnis von Care umfasst die Sorge von Menschen für sich, für andere Menschen und für den Erhalt von Natur und allen lebenden Wesen und damit die Bejahung der Verbundenheit von Menschen und Natur. Dies steht im Kontrast zum neoliberalen (männlich gedachten) Ideal des „homo oeconomicus“, das den Menschen als quasi autonomen Nutzenmaximierer sieht, für den Beziehungen zu Menschen und zur Natur bedeutungslos scheinen. So haben auch große Gruppen von (v.a. männlichen) Menschen Care-Arbeit für Natur, Mitmenschen und sich selbst ausgelagert und leben und wirtschaften ohne (ausreichende) Beachtung der Grenzen persönlicher, sozialer und ökologischer Ressourcen. Ihr Handeln ist geprägt vom benannten Menschenbild, das von Leistungs-

und Wachstumsorientierung geprägt ist und Abhängigkeiten von sorgenden Care-Tätigkeiten für Menschen und Natur unsichtbar macht. Erkennbar werden dabei Parallelen zur Vorstellung der Beherrschung von Natur durch Menschen und der durch technische Innovationen als beherrschbar imaginierten Klimakatastrophe.

## Ergebnisse

Essenziell für eine nachhaltige Transformation unserer Lebens- und Wirtschaftsweisen ist auch die Abmilderung der benannten Gender Gaps und damit verbunden die Transformation dominanter Männlichkeitsnarrative, die sich zu sehr auf Autonomie, Macht und Erwerbsarbeit fokussieren. Anregungen finden sich im Diskurs zu „Caring Masculinities“, der Formen von Männlichkeiten adressiert, die sich an Fürsorge orientieren, Gewalt und Dominanz im Geschlechterverhältnis ablehnen und mehr Verantwortung für familiäre und soziale Care-Arbeit einschließen. Dies impliziert, einem sozialökologischen Verständnis von Care folgend, ebenso die Verantwortungsübernahme für Schutz und Regeneration von Natur und Tieren - als Basis dafür, dass wir jungen Menschen und nachkommenden Generationen einen nicht zu stark beschädigten Planeten hinterlassen.

## Quellen

Afeworki Abay R., Schmelz, A., Schmitt, C., Schramkowski, B. (i.E.): Klimakrise und globale Ungleichheit – Alte und neue Wissensformen für die Soziale Arbeit. In: DGSA-Tageband. Barbara Budrich.

Pfaff, T., Schramkowski, B., Lutz, R. (2022) (Hg.). Klimakrise, Sozialökologischer Kollaps und Klimagerechtigkeit. Spannungsfelder für Soziale Arbeit. Beltz Juventa.

Klus, S., Schramkowski, B. (2022): Gender Climate Gap. Zur Notwendigkeit des Zusammendenkens von Klima- und Geschlechtergerechtigkeit. In: Pfaff, T. et al. (Hg.). Klimakrise, Sozialökologischer Kollaps und Klimagerechtigkeit. Beltz Juventa. 229-241.

Schramkowski, B., Klus, S. (2023). Geschlechtergerechtigkeit und Nachhaltigkeit: Gender Climate Gap und die Notwendigkeit eines sozial-ökologischen Care-Verständnisses. In: Liedholz, Y., Verch, J. (Hg.). Nachhaltigkeit und Soziale Arbeit. Barbara Budrich. 213-224.



**SESSION 8**

**Nachhaltige Städte und Gemeinden (11)**

**11** NACHHALTIGE STÄDTE  
UND GEMEINDEN



## Probabilistische Analysen von Flussdeichen unter Berücksichtigung multivariater Belastungen

Marco Albert Öttl, Jens Bender (DHBW Mosbach)

### Ausgangssituation

Extreme Hochwasserereignisse im Jahr 2021, wie z.B. an Ahr und Erft, haben das Hochwasserrisikomanagement (HWRM) erneut in den Vordergrund des öffentlichen Interesses gerückt. Im zugrundeliegenden HWRM-Kreislauf nach Müller (Abbildung 1) wird die Zeit zwischen Hochwasserereignissen in die drei Phasen der Bewältigung, Regeneration und Vorbeugung unterteilt. Letztgenanntem widmet sich dieser Beitrag.

### Konzeptioneller Rahmen

So sind bei der Analyse der Standsicherheit von Flussdeichen die Wechselwirkungen zwischen der Belastungsgröße des Hochwasserstandes und der daraus resultierenden Durchsickerung ein Prozess von hoher Relevanz. Schließlich trennt die Sickerlinie die Querschnittsfläche in den wassergesättigten und ungesättigten Querschnittsanteil. Bei stationärer Betrachtung wird die Lage der Sicker-

linie in homogenen Deichen durch die äußere Kubatur in das System eingepreßt und liegt für reale Hochwasserereignisse weit auf der sicheren Seite. Die Berücksichtigung zeitabhängiger Belastungsstrukturen im Rahmen einer instationären Betrachtung zeigt jedoch deutlich, dass die Lage der Sickerlinie vom zeitlichen Verlauf der Hochwasserganglinie, den daraus resultierenden Wassergehalts- und Saugspannungen im Deich sowie der gesättigten Durchlässigkeit der Deichbaumaterialien abhängt. Die Charakteristik der Ganglinie findet allerdings in der derzeitigen Bemessungspraxis nach DIN 19712 und DWA-M-507 keine direkte Anwendung.

### Vorgehensweise

Mit diesem Beitrag wird eine Methodik präsentiert, die für einen ausgewählten Deichabschnitt natürliche Abhängigkeitsstrukturen durch synthetisch erzeugte Bemessungsganglinien in der probabilistischen Bemessung quantifiziert und direkt in den geohydraulischen Prozess der Durchsickerung integriert. Unter Verwendung ausgewählter Wasserstands- und Abflusszeitreihen an einem Deichabschnitt können mithilfe der erweiterten Hochwassermerkmalsimulation nach MUNLV (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen), Hochwasserwellen anhand von fünf Parametern beschrieben werden. Nach erfolgreicher Anpassung geeigneter Verteilungsfunktionen werden im nächsten Schritt Abhängigkeiten der Parameter mithilfe von Copula-Funktionen quantifiziert. Anschließend werden durch die Kombination der Parameter und deren Abhängigkeiten beliebig viele synthetische Hochwasserganglinien generiert.

Nach dem Prinzip der Monte-Carlo-Simulation führt eine ausreichend große Anzahl synthetischer Ereignisse dazu, auch extreme Ereignisse mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit gut abzubilden. Durch eine entwickelte Routine kann der Verlauf der Durchsickerung für die jeweiligen Hochwasserganglinien zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem instationären, geohydraulischen numerischen Modell simuliert und visualisiert werden.

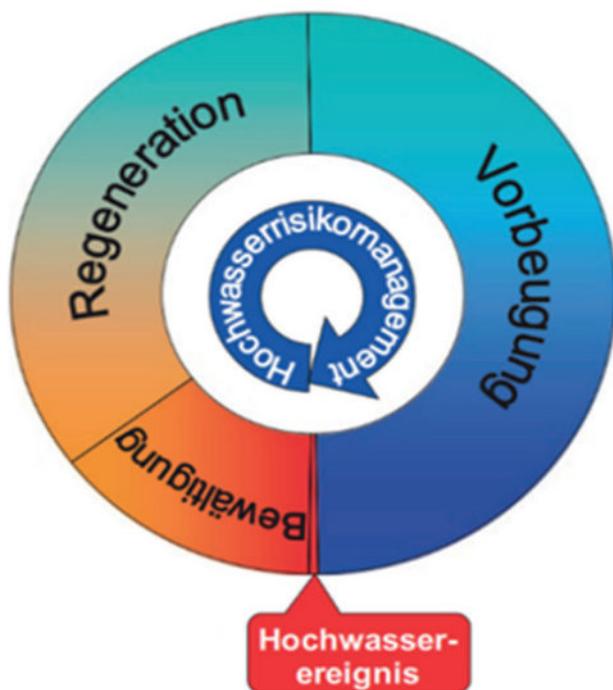


Abb. 1: Kreislauf Hochwasserrisikomanagement (Müller, 2010)

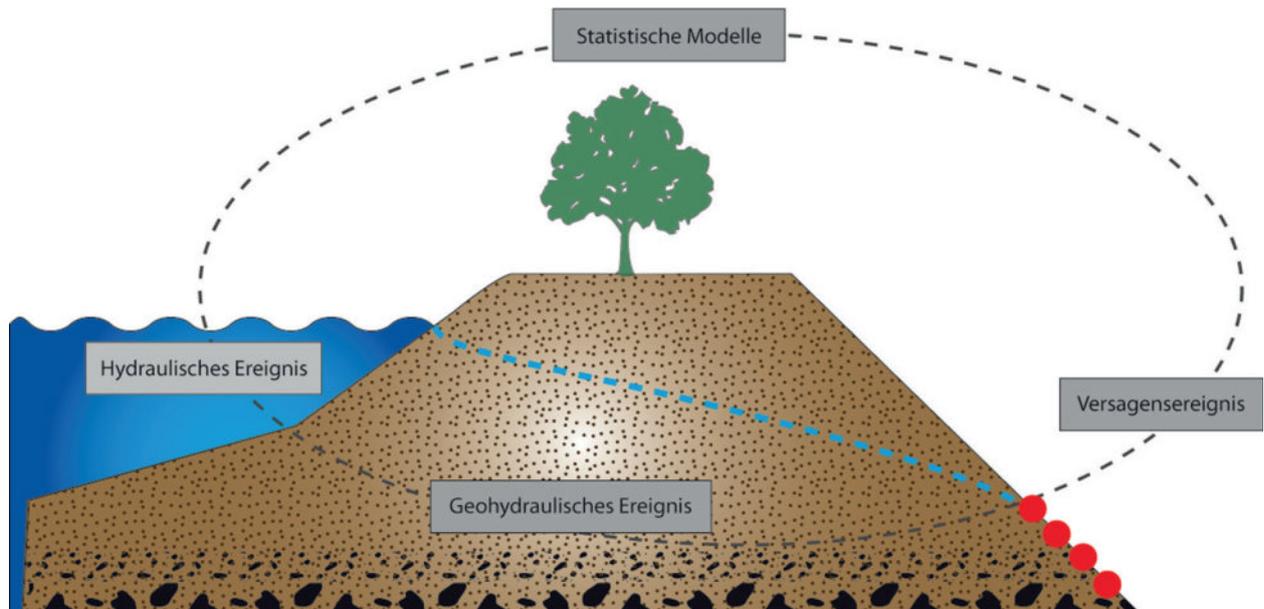


Abb. 2: Interdisziplinarität am System Flussdeich

### Schlussfolgerung

Im Ergebnis lassen sich Aussagen hinsichtlich der Verhaltensmuster der resultierenden Sickerlinien, basierend auf den synthetischen Bemessungsganglinien, ableiten und prognostizieren. Diese werden im Rahmen des interdisziplinären Promotionsvorhabens (Abbildung 2) einer Zuverlässigkeitsanalyse zugeführt und ermöglichen somit eine probabilistisch gestützte Bewertung der Standsicherheit des Deichabschnitts.

### Quellen

DIN 19712. 2013. Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern. Berlin : Beuth Verlag, 2013. 1919182.

DWA-M 507. 2011. Deiche an Fließgewässern - Teil 1: Planung, Bau und Betrieb. Hennef : Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 2011.

Müller, Uwe. 2010. Hochwasserrisikomanagement. Wiesbaden : VIEWEG+TEUBNER, 2010. S. Kapitel 2. Integriertes Hochwasserrisikomanagement. Seite 5-48. ISBN: 978-3-8348-1247.

Öttl et al. (2023): Probabilistische Zuverlässigkeitsanalysen als Bestandteil des Hochwasserrisikomanagements. DWA Korrespondenz Wasserwirtschaft. Mosbach

## MoCLi – Mobility Climate Living LAB

Reallabor zur Validierung klima- und ressourcenschonender Mobilitäts- und Wohnlösungen

Klaus Homann, Marc Kuhn, Harald Mandel (DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

Die Entwicklung von Nachhaltigkeitsstrategien und Maßnahmen zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen stellt eine der zentralen Aufgaben für die DHBW dar. Die Fakultät Technik rückt daher Nachhaltigkeit in den Fokus von Lehre und angewandter Forschung. Maßnahmen zur klima- und ressourcenschonenden Veränderung des Mobilitäts-, Wohn-, Lebens- und Logistikverhaltens zur Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im institutionellen Kontext stellen hier einen Schwerpunkt in angewandter Forschung dar.

### Projektvorhaben

Am Beispiel studentischen Wohnens für bis zu 56 Personen, realisiert, erprobt und validiert MoCLi LAB auf einem innerstädtischen Grundstück (sog. Rothmannblock in Stuttgart Mitte, Abb. 1) einen Reallabor-Prototyp und Referenzprozess für klimaneutrales Wohnen sowie klima- und ressourcenschonende Veränderungen des Mobilitäts- und Lebensverhaltens im urbanen Raum.



Abb. 1: MoCLi LAB Flächennutzung

Innerhalb von drei strategischen Schwerpunkten:

- Mobile Living/MoCLi Home (klimaschonendes Wohnen und Mobilitätsvermeidung) - mobile Wohnmodule ermöglichen die temporäre Zwi-

schennutzung von innerstädtischen Grundstücken am Beispiel studentischen Wohnens.

- Shared & Connected Mobility/MoCLi Drive (klimaschonendes Mobilitätsverhalten) - ein bedarfsorientiertes Angebot stellt geteilte klimaneutrale Mobilitätslösungen für Angehörige der DHBW bereit (die zu einer lokalen Mobilitätsallianz ausgebaut werden können). Eine räumliche, institutionelle, funktionale und digitalisierte Verknüpfung ermöglicht lokal emissionsfreie Mobilität, insbesondere für die letzte Meile, und steigert deren Akzeptanz.
- klimaaktiver Freiraum/MoCLi nature based solutions (klimaverbessernde Freiraumnutzung) - mobile und modulare Begrünungs-/Möblierungselemente ermöglichen eine klimaadaptive/-verbessernde Freiraumgestaltung am Mikrostandort.

werden im Reallabor verknüpfte und skalierbare Konzepte zur Realisierung messbarer Beiträge der Emissionsreduktion zur Erreichung des „Zwei-Tonnen-Ziels“ (2t CO<sub>2</sub>/Bewohner/Jahr) erforscht.

Zur Realisierung des Vorhabens sind verschiedene Ausbaustufen (Abb. 2 und Abb. 3) und Flächennutzungen vorgesehen.

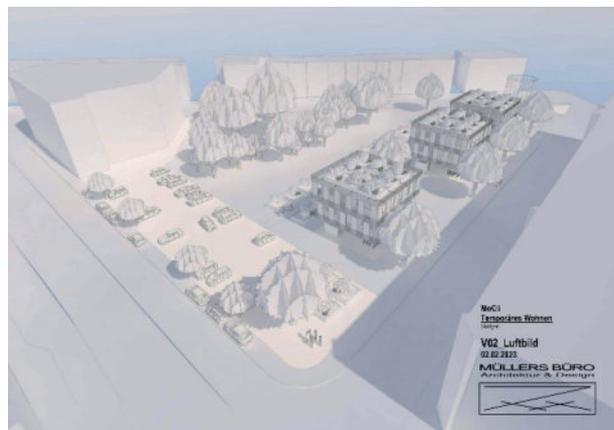


Abb. 2: MoCLi LAB Ausbaustufe 1

### Innovationslabor MoCLi LAB

MoCLi LAB ist ein kommunales Reallabor zur partizipativen Entwicklung und Erprobung lokal angepasster, nachhaltiger Wohn- und Mobilitätslösungen.

Mit der Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Wohn-, Mobilitätssystem und anderen Sektoren, Lebensbereichen, regionalen Gegebenheiten oder sozialen Gruppen nimmt MoCLi eine

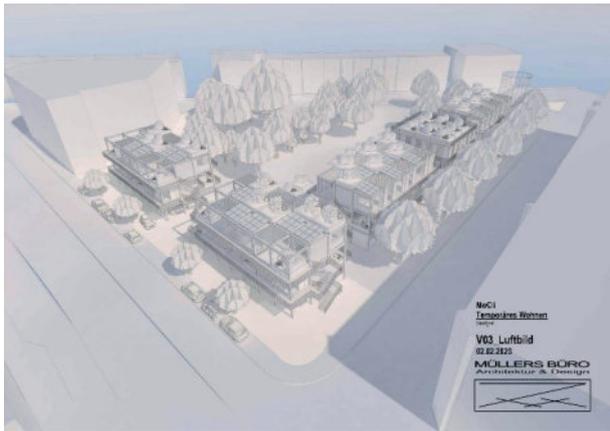


Abb. 3: MoCLi LAB maximale Ausbaustufe

innovative systemische Perspektive ein. Bekannte Lösungen betrachten i.d.R. isoliert die CO<sub>2</sub>-Wirkbarkeit des einen oder des anderen CO<sub>2</sub>-Verursachers (Wohnen oder Mobilität). Im Projekt werden erstmals drei klimarelevante Elemente - Wohnen, Mobilität und klimaaktiver Freiraum - miteinander vernetzt, um eine höhere Hebelwirkung zur Erreichung notwendigerweise hochambitionierter Klimaschutzziele zu bewirken.

Einen hohen Innovationsgrad weist das Lösungssystem mobiler modularer Wohneinheiten auf. Gegenüber bisherigen Lösungen, wie bspw. modularisiertem Massivbau, statischem Modulbau oder mobilen eingeschossigen Wohneinheiten (Tiny-Houses), realisiert der Lösungsansatz eine revidierbare, klimaschonende Zwischennutzung innerstädtischer Flächen bei begrenztem Flächenverbrauch. Verknüpfte und digitale (smarte) Konzepte für Betrieb und Nutzung der drei Klimaelemente bieten ein hohes Innovationspotenzial für klimafreundliche Kooperations- und Dienstleistungslösungen - hier bspw. für student. Wohnen. Das Reallaborformat MoCLi bündelt regionale Innovationskräfte, skaliert und transferiert einen kleinräumig erfolgreichen Ansatz und verankert regional diese technologische und soziale Innovation.

Durch direkte Einbeziehung lokaler Stakeholdergruppen in den Prozess der Entwicklung (Co-Design) und Erprobung nachhaltiger Wohn- und Mobilitätskonzepte, wird die Umsetzung und Akzeptanz von Klimaschutzlösungen von Beginn an durch die Schaffung von Transparenz und Beteiligungsmöglichkeiten maßgeblich unterstützt.

Die Nominierung als Finalist für den Sonderpreis Nachhaltigkeit beim Wettbewerb Innovationspreis Reallabore des BMWK 2022 unterstreicht die Innovationskraft von MoCLi LAB.

### Transformationslabor MoCLi LAB

Transformation ist ein Prozess, der multiperspektivisch unter Berücksichtigung technologischer, wirtschaftlicher, politischer, gesellschaftlicher, regulatorischer und psychologischer Aspekte gestaltet werden kann. Eine wichtige Herausforderung bei der Durchführung transformativer Prozesse liegt darin, die individuellen und institutionellen Handlungsmöglichkeiten zu identifizieren und deren potenzielle Effekte zu bemessen.

Mit einem umfangreichen Stakeholdernetzwerk und höchst unterschiedlichen Stakeholdergruppen bildet MoCLi LAB nicht nur einen solchen Prozess exemplarisch ab, sondern steht auch vor der Herausforderung, in verschiedenen Multi-Stakeholderprozessen die Ziele einzelner Stakeholder(gruppen) zu analysieren, die Stakeholder miteinander zu vernetzen und für das Transformationsprojekt MoCLi eine zielführende Transformationsstrategie zu entwickeln.

### Quellen

Vorentwurf zu MoCLi LAB (Temporäres Wohnen), Müllers Büro für Architektur & Design, Vollmersweiler 2023

## DHBW New Mobility Plattform

Nachhaltige und innerbetriebliche Mobilitätsforschung an der DHBW Stuttgart

Marc Kuhn, Maximilian Schwing, Dirk Reichardt, Harald Mandel, Maurice König, Hans Dischinger (DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

Im September 2015 veröffentlichten die Vereinten Nationen die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) als Teil der 2030-Agenda für nachhaltige Entwicklung. Eines der Hauptthemen der Agenda ist nachhaltiger Verkehr, das mehrere SDGs positiv beeinflusst und eine Voraussetzung für Fortschritte bei der Erreichung von Zielen wie gesundes Leben, Luftqualität und Reduzierung der Luftverschmutzung darstellt (Vereinte Nationen, 2016).

In der heutigen Gesellschaft erfreuen sich Dienste für die geteilte Nutzung von Mobilität („Shared Mobility“) eines starken Wachstums, sind aber auch kontrovers diskutiert. Öffentlich zugängliche Shared-Mobility-Lösungen weisen Nachteile in Zusammenhang mit Konsumentenfehlverhalten („Consumer misbehavior“; Fullerton & Puni, 2014) auf, da sich Nutzer\*innen oftmals wenig verantwortlich für das gemeinsam genutzte Mobilitätsmittel fühlen, woraus unsachgemäßer Umgang resultiert (z.B. Vandalismus). Wissenschaftliche Untersuchungen im Forschungsfeld Shared Mobility deuten darauf hin, dass dem Verbraucherfehlverhalten begegnet werden kann, indem persönlichere Beziehungen aufgebaut, die zwischenmenschliche Anonymität verringert und die Identifikation mit der Gemeinschaft erhöht wird (Srivastava et al., 2022).

Anbieter von Lösungen geteilter Mobilität beginnen daher ihre bestehenden Geschäftsmodelle zu innovieren und kontinuierlich weiterzuentwickeln (Spin, 2022). Ein innovatives Konzept der gemeinsam genutzten Mobilität, das innerhalb und außerhalb der Wissenschaft steigende Aufmerksamkeit generiert, ist die sogenannte Closed-Campus-Mobilität. Closed-campus-Sharing-Systeme stehen nur der jeweiligen Campusgemeinschaft (organisatorisch und/oder geografisch definierte Bereiche, wie Unternehmen-, Universitäts- oder Bürogelände) zur Verfügung (Shaheen et al.,

2020), werden im organisatorischen Kontext auch als betriebliches Mobilitätsmanagement verstanden und sind eine vielversprechende Lösung, um Probleme öffentlich verfügbarer Lösungen zu überwinden und nachhaltige Mobilität zu ermöglichen. In der Zwischenzeit haben solche Lösungen auch die Aufmerksamkeit unterschiedlicher wissenschaftlicher Initiativen in diversen Fachbereichen auf sich gezogen (Chevalier et al., 2019; Sun & Duan, 2021).

### Projektdurchführung

Die DHBW Stuttgart hat im Zeitraum Oktober 2020 bis Februar 2022 bereits erfolgreich in Zusammenarbeit mit zwei Industriepartnern ein Reallabor für Mikromobilität in einem geschlossenen, universitären Kontext durchgeführt (Projekt DHBW Drive). Zudem verfügt sie über einen Fuhrpark unterschiedlicher innovativer Fortbewegungsmittel, die aktuell an definierten Plätzen stehen und dort ausleihbar sind (standort- und roundtrip-basiertes Ausleihsystem; Shaheen et al., 2020). Der Ausleihprozess ist aktuell manuell und nicht systemunterstützt.

Zielsetzung des Projekts „DHBW New Mobility Plattform“ ist die Entwicklung einer Plattform, die die geteilte und nachhaltige Nutzung des DHBW-Fuhrparks für Hochschulangehörige ermöglicht und über eine Smartphone-Applikation nutzbar ist. Die Entwicklung der Plattform erfolgt hierbei lehrintegriert gemeinsam mit Studierenden der DHBW (insb. über Studienarbeiten) und anhand unterschiedlicher wissenschaftlicher und praxisbewährter Vorgehensweisen (z.B. SCRUM; Schwaber & Sutherland, 2020). Das Vorhaben ist interdisziplinär mit DHBW-Kolleg\*innen aus den Bereichen Digital Business Management, Informatik und Fahrzeug-System-Engineering besetzt. Im ersten Inkrement (Meilenstein Juni 2023) wer-



Abb. 1: Fuhrpark DHBW Stuttgart (Auszug)

den die technischen Voraussetzungen aufgesetzt, und ein erstes Minimum Viable Product (minimal funktionsfähiges Produkt; Moogk, 2012) durch Studierende im Studiengang Informatik erstellt. Hierzu gehören bspw. ein einfaches Buchungsmanagement ohne Anbindung der Fortbewegungsmittel durch IoT (internetfähige Geräte). Weitere Funktionen (z.B. Freischaltung, Verriegelung und Ortung der Fahrzeuge) werden im Rahmen nächster Inkremente umgesetzt. Hierzu gehören bspw. die Einbindung stationärer IoT- (z.B. digitale Schlüsselkasten) und mobiler IoT-Geräte (z.B. digitales Speicher-Fahrradschloss).

## Ergebnisse

Closed-campus Mobilität ist ein noch wenig erforschtes Wissenschaftsfeld im Bereich der nachhaltigen Mobilität. Im Rahmen des Reallabors Mikromobilität wurden bereits empirische Untersuchungen durchgeführt, die die Vorteile für die Endnutzer (z.B. Steigerung Produktivität, Wohlbefinden) und für die Organisation (z.B. gesteigerte Organisationsidentifikation) bestätigen (Schwing et al. 2022a; Schwing 2022). Das Projekt „DHBW New Mobility Plattform“ setzt den lehrintegrierten und interdisziplinären Ansatz zu nachhaltiger Mobilitätsforschung an der DHBW Stuttgart konsequent fort. Die Plattform soll als Eigenentwicklung auf- und stetig ausgebaut werden und zukünftig so die Möglichkeit für anwendungsorientierte Lehre und Forschung im Themenbereich nachhaltiger Mobilität bieten.

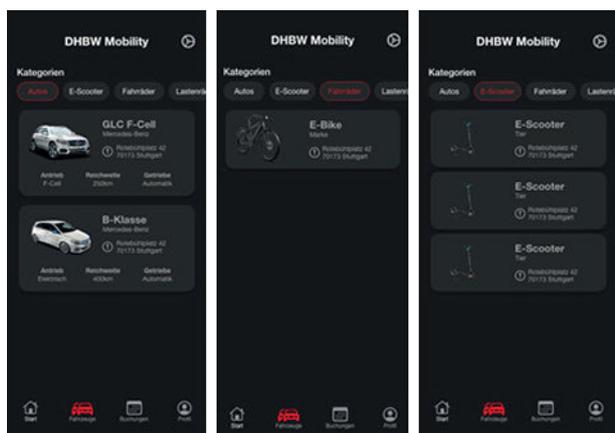


Abb. 2: DHBW New Mobility Plattform Screenshots

## Quellen

Chevalier, A., Charlemagne, M., Xu, L. (2019). Bicycle acceptance on campus: Influence of the built environment and shared bikes. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 76, 211–235.

Fullerton, R. A., Punj, G. (2004). Repercussions of promoting an ideology of consumption: consumer misbehavior. *Journal of Business Research* 57(11), 1239–1249.

Moogk, D. (2012). Minimum viable product and the importance of experimentation in technology startups. *Technology Innovation Management Review*, 2(3).

Schwaber, K., Sutherland, K. (2020). *The Scrum Guide. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. 6. Auflage. 2020

Schwing, M., Kuhn, M., & Meyer-Waarden, L. (2022). Lime, Bird or Campus Drive? Where Institutions can be ahead of Markets. *2022 Academy of Marketing Science Annual Conference, Monterey Bay (CA), US, May 25-27*.

Schwing, M. (2022). E-Scooters, Perceived Value & Users' Subjective Well-Being: An Empirical Study about organization-based Micromobility. *2022 American Marketing Association Summer Academic Conference, Chicago (IL), US. August 12-14*.

Shaheen, S., Cohen, A., Chan, N., & Bansal, A. (2020). Sharing strategies: carsharing, shared micromobility (bikesharing and scooter sharing), transportation network companies, microtransit, and other innovative mobility modes. In *Transportation, land use, and environmental planning* (pp. 237-262). Elsevier.

Spin (2022). Spin Commits Up To \$2 Million to Support Academic Research on Micromobility. <https://www.spin.app/blog-posts/spin-commits-up-to-2-million-to-support-academic-research-on-micromobility-with-new-campus-as-living-lab-call-initiative>.

Srivastava, H., Jayasimha, K., Sivakumar, K. (2022). Addressing customer misbehavior contagion in access-based services. *Journal of Services Marketing* 36(6), 849–861.

Sun, S., Duan, Z. (2021). Sustaining the development of campus bike-sharing. *Journal of Cleaner Production* 295, 126483.

Vereinte Nationen (2016). *Transport for Sustainable Development. The Case of Inland Transport*. New York: United Nations. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210575188>.

## Überholvorgänge in Stuttgart

Analyse der Seitenabstände zwischen Kfz- und Fahrradverkehr mit Bezug auf Verkehrsstärke und Führungsform

Leo Casey (Hochschule für Technik Stuttgart)

### Ausgangssituation

2022 verfehlte der deutsche Verkehrssektor das zweite Jahr in Folge die Einhaltung der Treibhausgas-Minderungsziele nach Bundes-Klimaschutzgesetz. Ein Baustein einer ganzheitlichen Strategie zur Schaffung eines nachhaltigen Verkehrssystems kann die Förderung des Fahrradverkehrs sein. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gibt im Nationalen Radverkehrsplan 3.0 für das Jahr 2030 eine Verdopplung der täglich zurückgelegten Fahrradkilometer im Vergleich zum Jahr 2017 als Ziel aus. Dies ergäbe eine Einsparung von drei bis vier Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Das Fahrrad gilt als umweltfreundliches und klimaschonendes Verkehrsmittel. In Deutschland wird das Fahrrad jedoch noch vergleichsweise wenig genutzt. Rund 11 % aller Wege werden deutschlandweit mit dem Fahrrad zurückgelegt. In Stuttgart beträgt dieser Wert nur 7 %. Aktuell nehmen 37 % aller Radfahrenden den Radverkehr als überhaupt nicht oder eher nicht sicher wahr. Ein geringes Sicherheitsgefühl wird als einer der häufigsten Gründe gegen die Fahrradnutzung genannt. Eine Stärkung der Radverkehrssicherheit ist also nicht nur zur Vermeidung von Unfällen bedeutsam, sondern auch im Sinne eines nachhaltigen Verkehrssektors.

Für Radfahrende sind insbesondere Überholvorgänge durch Kraftfahrzeuge (Kfz) ein Grund für ein geringes Sicherheitsgefühl und für Stress. Innerorts schreibt die Straßenverkehrsordnung für überholende Kfz gegenüber Radfahrenden einen minimalen Seitenabstand von 1,50 m vor. Aus bisheriger Forschung ist bekannt, dass dieser Wert oft nicht eingehalten wird. Diverse Studien ermitteln Werte von 43 % bis 75 % an zu eng ausgeführten Überholvorgängen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu untersuchen, welche Faktoren auf den Seitenabstand zwischen überholenden Kfz und überholten Radfahrenden wirken.

### Methodik

Um die Forschungsfrage zu untersuchen, wurden Erhebungen innerhalb der Stadt Stuttgart durchgeführt. Hierfür wurden zunächst 13 innerörtliche Messstrecken systematisch ausgewählt. Auf allen Messstrecken wird der Radverkehr entweder im Mischverkehr oder auf Schutz- bzw. Radfahrstreifen geführt. Auf diesen Messstrecken wurden von einem Probanden Daten zu Überholvorgängen mit einem Ultraschallsensor erhoben. Genutzt wurde dabei der OpenBikeSensor, der vom gleichnamigen Stuttgarter Verein entwickelt wurde. Jede der Messstrecken wurde über drei festgelegte Erhebungszeiträume zu unterschiedlichen Tageszeiten befahren (07:00-10:00 Uhr, 12:00-14:00 Uhr, 15:00-18:00 Uhr). Während der Erhebungszeiträume wurde jede Messstrecke kontinuierlich und abwechselnd in beide Fahrtrichtungen befahren. Insgesamt ergibt sich für jede Messstrecke eine Bruttofahrzeit von insgesamt acht Stunden.

### Ergebnisse

Insgesamt wurden im Rahmen des Projekts 790 km zurückgelegt und 4.081 auswertbare Überholvorgänge aufgezeichnet. 42,2 % der erhobenen Überholvorgänge wurden mit Seitenabständen von weniger als 1,50 m durchgeführt.

Anhand der erhobenen Daten wurden drei Hypothesen geprüft. Hypothese 1 besagt, dass auf Strecken mit Schutz- oder Radfahrstreifen geringere Seitenabstände auftreten als auf Strecken mit Mischverkehr. Diese Annahme konnte durch eine Varianzanalyse bestätigt werden ( $F(2, 4078) = 13.625, p < 0.0001$ ). Der Effekt ist zwar statistisch signifikant, jedoch als gering einzustufen ( $\eta^2 = 0,01$ ). Die Führungsform kann daher nicht der maßgebende Einflussfaktor auf die Seitenabstände von Überholvorgängen sein.

Hypothese 2 besagt, dass niedrige Kfz-Verkehrs-

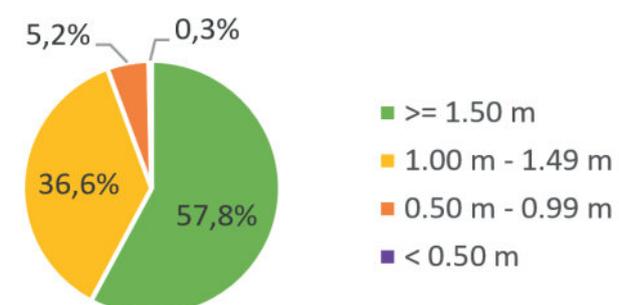


Abb. 1: Seitenabstände aller Überholvorgänge

stärken zu höheren Seitenabständen führen. Bei der Planung von Radverkehrsanlagen werden Straßen anhand der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und der Kfz-Verkehrsstärke in einen von vier Belastungsbereichen eingeteilt. Jedem Belastungsbereich ist dabei eine mögliche Auswahl an Führungsformen für den Radverkehr zugeordnet. Die Kfz-Verkehrsstärke einer Straße ist daher als ein zentrales Element der Planung zu betrachten. Eine lineare Regression mit der Kfz-Verkehrsstärke der einzelnen Messstrecken als unabhängiger Variable und dem entsprechenden Mittelwert der Seitenabstände als abhängige Variable zeigt jedoch keinen signifikanten Effekt ( $R^2 = 0.108$ ,  $F(1,23) = 2.971$ ,  $p = 0.108$ ). Die Hypothese kann somit nicht bestätigt werden.

Hypothese 3 besagt, dass während der Spitzenverkehrszeiten geringere Seitenabstände auftreten als zu Nebenverkehrszeiten. Eine Varianzanalyse zeigt, dass diese Hypothese nicht bestätigt werden kann ( $F(2, 3153) = 0.973$ ,  $p < 0.378$ ). In Summe sind zu jeder Uhrzeit die gleichen durchschnittlichen Seitenabstände zu erwarten.

Die Erhebungen liefern Hinweise, dass die Fahrbahnbreite eine bedeutsame Einflussgröße zu sein scheint. Parken dauerhaft Fahrzeuge am Fahrbahnrand, verringert sich die effektiv nutzbare Fahrbahnbreite einer Straße. Dies ist bei der Wahl von Radverkehrsführungen zu berücksichtigen, da andernfalls geringe Seitenabstände begünstigt werden.

## Fazit

Eine Förderung des Radverkehrs im Sinne der Nachhaltigkeit kann nur gelingen, wenn dieser als sicher wahrgenommen wird. Aus den Erhebungen ergibt sich insgesamt ein dringender Handlungsbedarf, um die Sicherheit des Radverkehrs zu stärken und den Radverkehr zu fördern. Schutz- und Radfahrstreifen werden im Vergleich zum Mischverkehr zwar als sicherer wahrgenommen, sind dies mit Hinblick auf Überholvorgänge jedoch nicht. Auch auf Straßen mit geringen Kfz-Verkehrsstärken sind Radfahrende engen Überholvorgängen ausgesetzt. Diese Erkenntnisse sind in der Planungspraxis und in der Gestaltung der Regelwerke zu beachten, um eine Fahrradinfrastruktur zu gestalten, die von den Menschen angenommen wird und hohe Sicherheit bietet.

## Quellen

Agora Energiewende (2023). Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2022. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2023.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) (2022): Nationaler Radverkehrsplan 3.0 – Fahrradland Deutschland 2030.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2010): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. Ausgabe 2010. FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2012): Empfehlungen für Verkehrserhebungen. Ausgabe 2012. FGSV Verlag, Köln.

Koppers, A, Ruf, S., Gerlach, J., Leven, T., Hagemeyer, C. (2021): Radfahren bei beengten Verhältnissen – Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit. Abschlussbericht.

Langer, R. (2016): Seitlicher Überholabstand von Radfahrern durch den motorisierten Verkehr – Empirische Analyse mit Hilfe von Kameradaten. Diplomarbeit an der Professur für Verkehrsökologie, TU Dresden (2016). In: Verkehrsökologische Schriftenreihe (6/2016).

Merk, J., Eckart, J., Zeile, P. (2021): Subjektiven Verkehrsstress objektiv messen – ein EmoCycling-Mixed-Methods-Ansatz. In: CITIES 20.50 – Creating Habitats for the 3rd Millennium: Smart – Sustainable – Climate Neutral. Proceedings of REAL CORP 2021, 26th International Conference on Urban Development, Regional Planning and Information Society, S. 767–778.

Nobis, C. (2019): Mobilität in Deutschland – MiD Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin

Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH (2021): Fahrrad-Monitor Deutschland 2021. Ergebnisse einer repräsentativen Online-Befragung.

## **Autonomes Fahren in den Medien: Medieninhaltsanalyse über die Darstellung autonomer Busse im ÖPNV**

Franziska Baar (DHBW Ravensburg)

### **Ausgangssituation**

Autonom fahrende Kleinbusse sind mittlerweile in einigen Städten in Deutschland wie etwa Hamburg, Bad Birnbach und Monheim testweise auf den Straßen unterwegs. Sie vereinen die Vorteile des ÖPNV mit denen des autonomen Fahrens. Autonome Busse können die Anzahl der Autos auf der Straße reduzieren, u.a. indem sie die Lücken der ersten bzw. letzten Meile schließen, etwa zwischen Bus-/Bahnhaltestelle und Endziel (u.a. [1, 2]).

Autonomes Fahren ist jedoch als Innovation in der Mobilität mit vielen Vorbehalten behaftet. Eine bedeutende Rolle spielt daher die Kommunikation: Im Innovationsprozess ist sie nach der operativen Entwicklung der Innovation wichtiger Bestandteil zur Einführung und Durchsetzung derselben [3, 4, 5, 6]. Die Kommunikation ist ein kritischer Faktor für die Marktvorbereitung, mangelhafte Kommunikation kann im Umkehrschluss zum Scheitern führen. [7, 8]

Das Konzept der Innovationskommunikation nach Zerfaß et al., 2004 [9], als Teil des strategischen Kommunikationsmanagements der ÖPNV-Anbieter kann Akzeptanz und Vertrauen in die Innovation fördern.

### **Zentrale Fragestellung**

Angelehnt an den klassischen Zyklus der Unternehmenssteuerung wird das Kommunikationsmanagement in vier Schritten durchlaufen [10, 11, 12, 13]: Die Analyse, Planung, Umsetzung und Evaluation. Im ersten Schritt, der Analyse, wird die Ausgangssituation der Organisation und ihrer Umwelt erfasst. [11, 12, 13] Die Forschungsfrage, die sich zur Betrachtung dieser Ausgangssituation ableitet, lautet also: Wie wird derzeit über autonome Busse im ÖPNV in Massenmedien berichtet? Zur Beantwortung wird der Status quo der Medienberichterstattung über autonome Busse erhoben.

### **Methodisches Vorgehen**

In einer Vorstudie des ZEK (Zentrum für empirische Kommunikationsforschung der DHBW Ravensburg) mit einer Stichprobe von 502 Personen in ganz Deutschland wurde vorab nach den gewünschten Kommunikationsmaßnahmen für autonome Busse gefragt. Internetseiten der ÖPNV-Anbieter (54%), Veranstaltungen, bei denen der Bus getestet werden kann (35%) und Zeitungsartikel (34%) wurden am häufigsten genannt. Social Media wurde dagegen mit 20% als nicht ganz so wichtig bei der öffentlichen Information über die Busse bewertet. Das spiegeln auch die Erfahrungen in der Öffentlichkeitsarbeit von ÖPNV-Anbietern wider: die Presse- und Medienarbeit und damit die zielgerichtete Kooperation mit Journalist\*innen und Redakteur\*innen ist der für sie wichtigste Kommunikationskanal. [14] Die eigentliche Untersuchung beschäftigt sich daher mit Zeitungsartikeln zu autonomen Bussen. Eine Gesamterhebung von etwa 500 Artikeln aus regionalen und überregionalen Tages- und Wochenzeitungen über einen Zeitraum von einem Jahr wird im Hinblick u.a. auf die Tonalität, das Framing (Nachhaltigkeit, Technologie, Barrieren etc.) und wichtige Stakeholder hin betrachtet. Die Auswertung erfolgt als qualitative Medieninhaltsanalyse nach der inhaltlich-strukturierenden Methode von Kuckartz [15]. Das Kategoriensystem leitet sich deduktiv u.a. aus der theoretischen Fundierung zu den Innovationsbarrieren und den Vorteilen der autonomen Busse ab. Weitere Kategorien werden induktiv ergänzt.

### **Erste Ergebnisse**

Die in den Artikeln (zunächst eine Zufallsstichprobe von 50) meistbeachteten Stakeholder sind die Fahrgäste, die Politik und die Verkehrsbetriebe. Auffällig hinsichtlich der Erfolgsfaktoren der Innovationsdiffusion sind die Berichte über die Beobachtbarkeit, die geringe Komplexität, die Kompatibilität und der relative Vorteil (nach [6]). Positive Ergebnisse von Befragungen über die Akzeptanz seitens der Bürger\*innen sind häufig thematisiert und fördern die Beobachtbarkeit. Die Technik der Fahrzeuge wird überwiegend oberflächlich beschrieben, was eine wahrgenommene Komplexitätsreduktion bedingen kann. Die Kompatibilität mit den bisherigen Routen des ÖPNV zur Optimie-

rung des Angebotes wird vielfach angeführt. Vorteile, die die Busse laut den Berichten bieten, sind die Entlastung der Straßen, eine Lösung für den Busfahrer\*innenmangel, attraktiverer ÖPNV im ländlichen Raum, mehr Inklusion für Mobilitätseingeschränkte und Menschen ohne eigenes Auto sowie eine klimafreundlichere Fortbewegung. Die Sicherheit wird mehrheitlich über die mitfahrenden Operator\*innen argumentiert. Ziel ist jedoch, dass diese in Zukunft nicht mehr an Bord sind.

Innovationsbarrieren, die beschrieben werden, sind die begrenzte technische Verlässlichkeit der Vehikel, deren Lernbedarf, die geringe Geschwindigkeit der Busse und ihr Bremsverhalten.

Für die Kommunikation der Verkehrsbetriebe ergeben sich daraus folgende Anhaltspunkte: Hohe Relevanz der direkten Kommunikation der Verkehrsbetriebe mit den politischen Entscheidenden; deutlichere Akzentuierung der Sicherheit der Technik anstelle der Sicherheit durch Operator\*innen; Darstellung der individuellen Vorteile für die Fahrgäste im Alltag anhand spezifischer Nutzungsszenarien.

Diese Untersuchung ist Teil eines Promotionsvorhabens, das das übergeordnete Forschungsziel der Erfassung zentraler Erfolgsfaktoren für ein systematisch plan-, steuer- und kontrollierbares Kommunikationsmanagement für autonome Busse im ÖPNV verfolgt.

## Quellen

- [1] Spiegelberg, G. (2020). Schlüsseltechnologie Autonomes Fahren für Mobility as a Service - Chancen und Risiken im Wertschöpfungsprozess der zukünftigen Mobilität. In W. Siebenpfeifer (Hrsg.), *Mobilität der Zukunft: Intermodale Verkehrskonzepte* (S. 579–593). Springer Vieweg.
- [2] VDV. (2015). *Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge: Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen* (Positionspapier).
- [3] Hauschildt, J., Salomo, S., Schultz, C. D. & Kock, A. (2016). *Innovationsmanagement* (6. Aufl.). Verlag Franz Vahlen.
- [4] Pleschak, F. & Sabisch, H. (1996). *Innovationsmanagement*. Schäffer-Poeschel.
- [5] Trommsdorff, V. & Steinhoff, F. (2013). *Innovationsmarketing* (2. Aufl.). Verlag Franz Vahlen.
- [6] Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. Social science. Free Press.

[7] Fink, S. (2009). Strategische Kommunikation für Technologie und Innovationen. In A. Zerfaß & K. M. Möslein (Hrsg.), *Kommunikation als Erfolgsfaktor im Innovationsmanagement* (S. 209–225). Gabler.

[8] Fink, S. & Grupe, M. (2022). Innovations- und Technologiekommunikation: Komplexe Themen vermitteln und positionieren. In A. Zerfaß, M. Piwinger & U. Röttger (Hrsg.), *Handbuch Unternehmenskommunikation: Strategie - Management - Wertschöpfung* (3. Aufl., S. 1003–1021). Springer Gabler.

[9] Zerfaß, A., Sandhu, S. & Huck, S. (2004). Innovationskommunikation - Strategisches Handlungsfeld für Corporate Communications. In G. Bentele, M. Piwinger & G. Schönborn (Hrsg.), *Kommunikationsmanagement*. (Lo-seblattwerk 2001 ff.) (Ergänzungslieferung Nov. 2004, S. 1–30). Luchterhand.

[10] Bruhn, M. (2014). *Integrierte Unternehmens- und Marketingkommunikation: Handbuch für ein integriertes Kommunikationsmanagement* (3. Aufl.). Vahlen.

[11] Mast, C. (2020). *Unternehmenskommunikation*. utb.

[12] Nothhaft, H. & Bentele, G. (2022). Konzeption von Kommunikationsprogrammen in der Unternehmenskommunikation. In A. Zerfaß, M. Piwinger & U. Röttger (Hrsg.), *Handbuch Unternehmenskommunikation: Strategie - Management - Wertschöpfung* (3. Aufl., S. 493–518). Springer Gabler.

[13] Zerfaß, A. (2010). *Unternehmensführung und Öffentlichkeitsarbeit: Grundlegung einer Theorie der Unternehmenskommunikation und Public Relations* (3. Aufl.). Organisationskommunikation. VS Verl. für Sozialwiss.

[14] Ackermann, T. (2016). *Handbuch Marketing im ÖPNV* (1. Aufl.). ÖPNV Wissen. DVV Media Group.

[15] Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Aufl.). Grundlagentexte Methoden. Beltz Juventa.

## Urbane Logistik mit smarten autonomen Liefer-/Transportfahrzeugen

Carsten Müller (DHBW Mosbach Campus Bad Mergentheim)

### Ausgangssituation

Den teuersten und zeitaufwändigsten Teil des Versandprozesses stellt für Unternehmen die »letzte Meile« dar. 53 Prozent aller Lieferkosten werden durch den Transportabschnitt zur Haustür der Kundinnen und Kunden verursacht.

Die urbane Logistik beschreibt Belieferungsströme und Güterverkehre auf der vorletzten und letzten Meile zum Endkunden innerhalb von städtischen Gebieten. Smarte Lösungen für die letzte Meile der Logistik können einen großen Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit im urbanen Umfeld liefern und den Verkehr in Innenstädten langfristig reduzieren. Ziel der Anwendung ist, die Kosten für die Zustellung auf der letzten Meile und die Kohlendioxidemissionen in den Städten deutlich zu reduzieren.

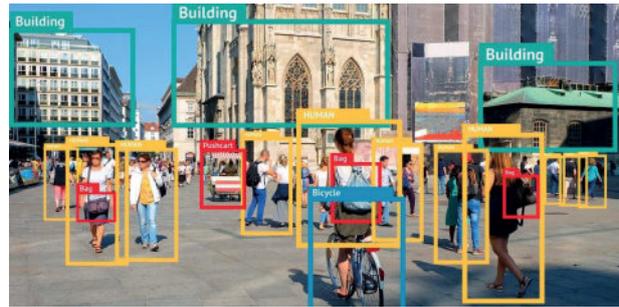
### Projekt

Für das autonome Fahren mit Liefer-/Transportfahrzeugen in diesem Kontext scannen Kameras und Sensoren wie Radar und Lidar die Umgebung in Echtzeit. Digitale Karten und (D)GPS-Ortungssysteme bieten weitere Informationen zur Umgebung des Fahrzeugs.

Die Daten werden konsolidiert und durch Künstliche Intelligenz ausgewertet. Im Ergebnis entsteht die Perzeption, die maschinelle Wahrnehmung der Fahrzeugumgebung.

Auf Basis der Perzeption wird ein 3D-Modell der Umgebung erstellt. Damit errechnet das System die bevorstehende Situation und trifft Vorhersagen. Diese einzelnen Schritte, die ebenfalls mit KI realisiert werden können, laufen künftig einzeln und voneinander unabhängig ab. So kann das Ergebnis zwischendurch immer wieder geprüft werden.

Das autonome Fahrzeug plant schließlich die nächsten Handlungen und führt diese selbstständig aus.



© Szymon Manduk

### Ergebnisse

Der smarte Lieferroboter bewegt sich autonom und autark durch den Straßenverkehr, erkennt Fußgänger und deren Laufrichtung, überquert Ampelkreuzungen und passt sich unauffällig dem allgemeinen Verkehrsfluss an.

Im Bereich Transport und Logistik sorgt in Zukunft TaaS (Transport-as-a-Service) für Entlastung. Insbesondere in den Ballungszentren könnten smarte autonom Liefer-/Transportfahrzeuge fahren und Waren effektiv verteilen.

Das Liefer-/Transportfahrzeug ist ideal für Einsätze auf der letzten Meile: für den Transport von Lebensmitteln, Medikamenten usw. zum Endkunden. Die entwickelte Mobilitätslösung entlastet somit signifikant den innerstädtischen Verkehr.



© Prof. Dr. Carsten Müller





**SESSION 9**

**Industrie, Innovation und Infrastruktur (SDG 9)**

**9** INDUSTRIE, INNOVATION  
UND INFRASTRUKTUR



## Niedriglegierte, ausscheidungsfähige Kupferlegierungen mit Scandium und Hafnium

Julia Dölling, Andreas Zilly (DHBW Stuttgart), Ramona Lucy Henle, Gerrit Nandi (DHBW Heidenheim), Ulrich Prahl (Institut für Metallformung, TU Bergakademie Freiberg)

### Ausgangssituation

Kupfer und seine Legierungen weisen eine herausragende Leitfähigkeit für elektrischen Strom und Wärme auf und sind eine wertvolle Ressource, welche heute und in Zukunft sparsam eingesetzt werden sollte. Daher besteht Optimierungsbedarf in der Entwicklung von Kupferlegierungen für spezifische Anwendungen in der Elektroindustrie, Energie- oder Automobiltechnik. Niedriglegierte Hochleistungskupferlegierungen weisen eine möglichst optimale Ausnutzung der elektrischen respektive thermischen Leitfähigkeit sowie mechanischen Eigenschaften auf. Zentraler Zielkonflikt ist, den mit der Festigkeitssteigerung einhergehenden Abfall der Leitfähigkeit so minimal wie möglich zu halten. Dies lässt sich durch eine optimierte Gestaltung der Gefügeeigenschaften erreichen. Hierzu werden verschiedene innovative Legierungsansätze mit Scandium [1] und Hafnium [2] (unter 1 Gew.-% Legierungsgehalt) genutzt, um eine Ausscheidungsverfestigung mit geringer Beeinflussung der Leitfähigkeit zu erzielen [3].

### Projektdurchführung

Dieser Zielkonflikt soll gelöst werden, indem auf eine effektiv nutzbare Ausscheidungswärmebehandlung nach vorangestelltem Lösungsglühen mit Abschrecken zurückgegriffen wird. Die entsprechende Behandlung und Reaktion eines Werkstoffs ist in Abbildung 1 metallografisch visualisiert. Durch eine optimierte Temperaturführung wird das zunächst leitfähigkeitssenkende Legierungselement aus der Kupfermatrix in eine Ausscheidungsphase überführt [4], was sowohl die Festigkeit als auch elektrische Leitfähigkeit des Werkstoffes positiv beeinflusst.

Als Benchmark der industriellen Praxis werden Legierungen mit Chrom und Zirkonium im Sinne der Vergleichbarkeit innerhalb der Studien ebenfalls im Kokillenguss unter Vakuum erschmolzen

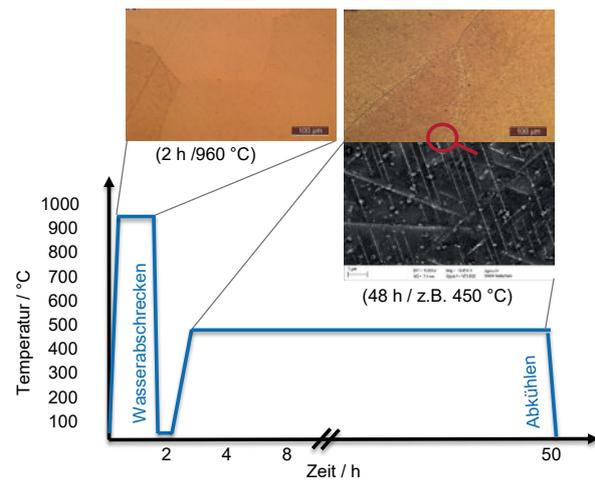


Abb. 1: Beispielhafte Ausscheidungsbildung in einer Kupfer-Hafnium-Legierung in den zeitlich aufeinanderfolgenden Schritten: Lösungsglühen, Abschrecken, Auslagern

sowie abgegossen und anschließend den identischen thermomechanischen Behandlungsschritten unterzogen [5].

Zur praktischen Tätigkeit im Rahmen dieser Forschungsarbeit zählen das Ur- und Umformen sowie die Werkstoffprüfung mittels einer Vielzahl an mechanischen, thermischen, elektrischen und optischen Prüfverfahren, um das Verhalten der Werkstoffe umfassend zu analysieren und aktive Mechanismen zu verstehen. Verwaltet werden alle Behandlungsvarianten mit den resultierenden Werkstoffkennwerten in einer individuell programmierten Werkstoffdatenbank, welche schlussendlich eine zielorientierte Filterung und den effektiven direkten Vergleich aller Optionen ermöglicht.

### Ergebnisse

Aufbauend auf den Erfahrungen mit binären Legierungen folgt die Betrachtung ternärer Kombinationen, welche die Stärken der verschiedenen Systeme vorteilhaft verbinden kann. Nachgewiesen wurden eine beschleunigte Ausscheidungsbildung, signifikant erhöhte mechanische Leistungsfähigkeit, geringere Überalterung durch begrenztes Ausscheidungswachstum und gute elektrische sowie thermische Konduktivität, wie in Abbildung 2 vergleichend dargestellt. Ersichtlich wird auch der deutliche Einfluss der passenden Prozessparametereinstellungen um den Werkstoff entsprechend individueller Anforderungen zu konditionieren.

Außerdem zeigen die innovativen Legierungsan-

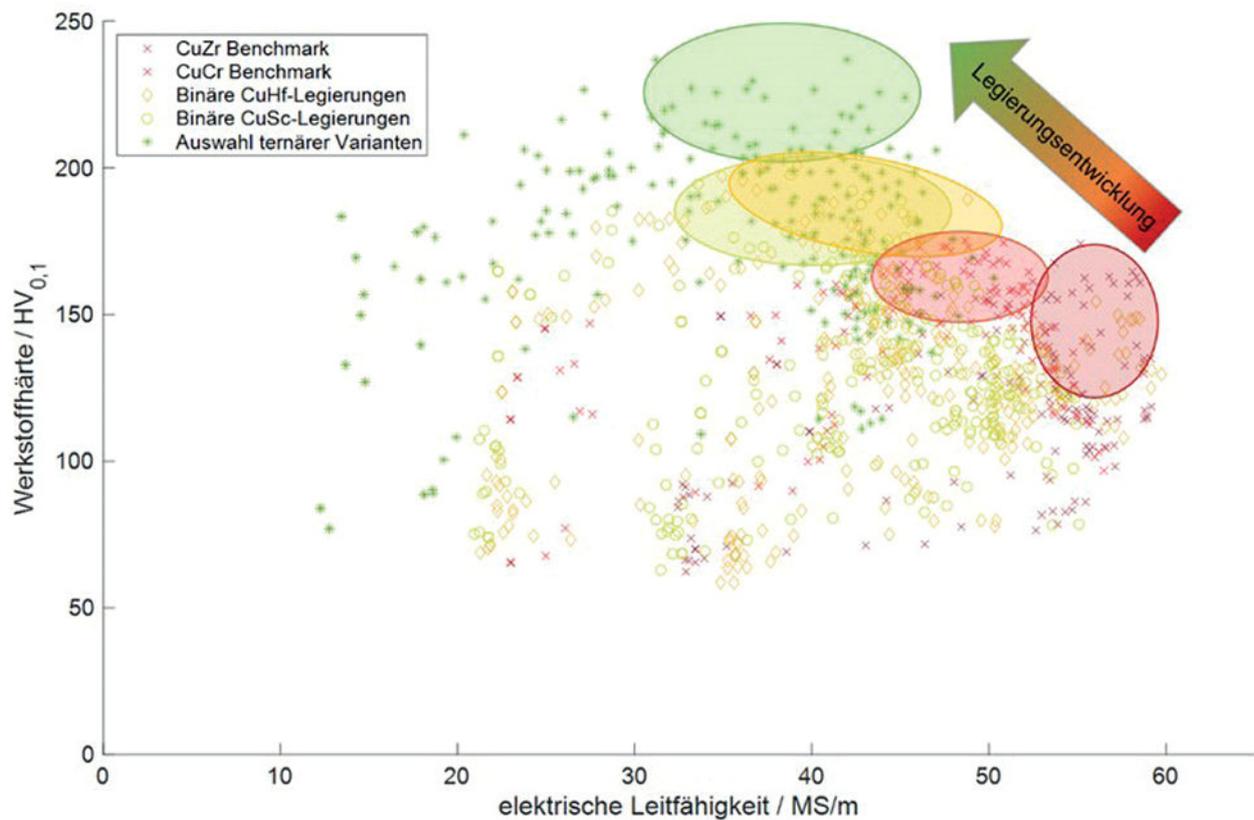


Abb. 2: Vergleichende Darstellung einer Auswahl analysierter Legierungen hinsichtlich zwei Zieleigenschaften

sätze eine deutliche Verbesserung der Temperaturbeständigkeit bei guten mechanischen und physikalischen Eigenschaften unter erhöhten Temperatureinsatzbedingungen. Die Legierungen rekristallisieren später, zeigen im anwendungsrelevanten Relaxationsversuch weniger Spannungsabfall und sind auch bei Temperaturen bis 800 °C mechanisch belastbarer als eine vergleichbare Benchmarkvariante.

Um die experimentell erworbenen Erkenntnisse zukünftig zielführend nutzen zu können, wird mittels thermodynamischer Daten sowie empirischer Parameter ein legierungsspezifisches Modell entwickelt. Ziel der Forschungsarbeiten ist es, einen umfassenden Blick auf ausscheidungsfähige Kupferwerkstoffe mit, den wissenschaftlich bisher wenig diskutierten Legierungselementen, Scandium und Hafnium zu erhalten.

Der Einsatz von Komponenten aus diesen Kupferlegierungen schont branchenübergreifend die Rohstoffressourcen und kann dementsprechend den Materialbedarf senken.

#### Quellen

1. Subramanian, P. R., Laughlin, D. E. u. Chakrabarti, D. J.: The Cu-Sc (Copper-Scandium) System. Bulletin of Alloy Phase Diagrams 9 (1988) 3, S. 378–382
2. Dies, K.: Kupfer und Kupferlegierungen in der Technik. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2014
3. Miyake, J. u. Fine, M. E.: Electrical conductivity versus strength in a precipitation hardened alloy. Acta Metallurgica et Materialia 40 (1992) 4, S. 733–741
4. Hao, Z., Xie, G., Liu, X., Tan, Q. u. Wang, R.: The precipitation behaviours and strengthening mechanism of a Cu-0.4 wt% Sc alloy. Journal of Materials Science & Technology 98 (2022), S. 1–13
5. Davis, J. R. (Hrsg.): Copper and copper alloys. ASM specialty handbook. Materials Park, OH: ASM International 2008

## Pocket Rocket H2

Konzept zur Integration eines Brennstoffzellenantriebs in ein elektrisches Zweirad

Volker Schulz (DHBW Mannheim), Wolf Burger (DHBW Stuttgart), Kai Tornow (DHBW Mannheim), Manuel Messmer (SOL Motors)

### Ausgangssituation

Der Trend für die nachhaltige Mobilität im innerstädtischen Raum geht in Richtung elektrische Antriebe. Aufgrund ihrer Agilität und Flexibilität werden dabei elektrische Leichtkrafträder immer beliebter. Die Firma SOL Motors entwickelt derzeit unter der Bezeichnung Pocket Rocket ein serientaugliches Elektroleichtkraftrad. Dieses ist rein batterieelektrisch angetrieben, wodurch die Reichweite auf ca. 80 km und insbesondere die Ladezeit auf mehr als 2 Stunden eingeschränkt sind. Eine einfache Erweiterung des bestehenden batterieelektrischen Kraftrads, ist die Verwendung eines Brennstoffzellensystems mit geringer Leistung als Range-Extender, so dass die Leistung der Brennstoffzelle lediglich zum Laden der Batterie verwendet wird. Andere Varianten, die es zu untersuchen gilt, sind Brennstoffzellensysteme mit größerer Leistung, die entweder parallel zur Batterie fungieren, oder diese komplett ersetzen.

### Projektdurchführung

Um die Reichweite und Ladezeiten der batterieelektrischen Leichtkrafträder zu verbessern, werden im Projekt Pocket Rocket H2 Möglichkeiten der Integration einer Brennstoffzelle in das bestehende Leichtkraftrad untersucht. Übergeordnetes Ziel ist die Entwicklung eines kompakten Systems, welches in einem weiteren Schritt in das innovative Rahmendesign des Fahrzeugs integriert werden kann. Das Gesamtgewicht soll dabei vergleichbar zu der Batterie-elektrischen Variante bleiben.

Es soll der Leichtbau des Kraftrads im Vordergrund stehen, so dass das Brennstoffzellensystem mit möglichst leichten Komponenten ausgelegt werden muss, bzw. auf verschiedene Aggregate, wie H<sub>2</sub>-Rückführung oder aktive Kühlung, verzichtet wird. Mit dem innovativen Ansatz einer passiven Luftkühlung des Stacks, die in den Rahmen des Fahrzeugs integriert wird, sollen die Komplexität

und die Kosten signifikant gesenkt werden. Diese Technik wäre dann skalierbar für den rasant wachsenden Markt von elektrischen Lastenrädern für die Last Mile Logistik einsetzbar und kann auch in der Luftfahrt z.B. in Transportdrohnen zur Steigerung der Reichweite einen Einsatz finden. Im Rahmen des Projekts Pocket Rocket H2 sollen folgende Arbeitsschritte zur Evaluation eines geeigneten Zusammenspiels zwischen Batterie und Brennstoffzelle in einem Leichtkraftrad erfolgen:

- Berechnung verschiedener Auslegungen des Brennstoffzellensystems,
- CAD-Konstruktion zur Integration des Brennstoffzellensystems in den vorhandenen Rahmen,
- Aufbau eines Labormusters eines Brennstoffzellensystems und Erprobung.

Untersucht werden verschiedene Varianten zur Leistung von Batterie und Brennstoffzellensystem. Zusätzlich erfolgt eine Auslegung des H<sub>2</sub>-Tanks im Hinblick auf Druckniveau, Gewicht und Volumen, um die potenzielle Reichweite abzuschätzen. Die Komponenten werden virtuell, d.h. im CAD-Modell in die Pocket Rocket integriert. Am Modell werden mittels FEM erste Festigkeitsberechnungen durchgeführt. Nach den Ergebnissen der Variantenberechnung wird ein kommerzieller Brennstoffzellenstack ausgewählt, der im Labor aufgebaut wird. Brennstoffzellensysteme für kleine Leistungen, sind i.d.R. nicht für geringes Gewicht und Bauraum optimiert, daher müssen die Zusatzkomponenten zur Luftversorgung und Kühlung an der Hochschule entwickelt werden. Das System wird als Labormuster getestet.

### Ergebnisse



Abb. 1: Batterieelektrisches Fahrzeug der Firma SOL Motors

Mithilfe des angepassten WLTP Zyklus werden realistische Werte für den Durchschnittsverbrauch ermittelt. Anhand der Daten werden zusammen mit den Anforderungen an das Leichtkraftrad die Berechnungen zur Dimensionierung der Batterie und des Brennstoffzellensystems durchgeführt. Die Komponenten werden so gewählt, dass die bestehende Batteriespannung nicht verändert werden muss, damit die Integration vereinfacht wird. Die Reichweite wird maßgeblich durch die mitgeführte Menge an Wasserstoff bestimmt. Für die on-board Speicherung von H<sub>2</sub> ist aufgrund des Trends zu CGH<sub>2</sub> an den Tankstellen ein Typ IV Tank mit 700 bar aktuell die vielversprechendste Lösung.

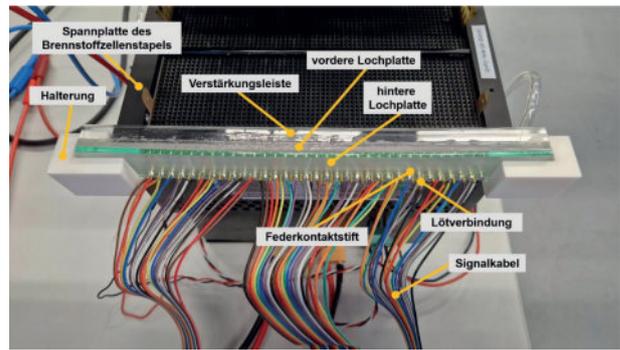


Abb. 2: Cell Voltage Monitoring am BZS

wurden an ein Cell Voltage Monitoring (CVM) angeschlossen. Um deren Zustand zu überprüfen und einen sinnvollen Arbeitsbereich wählen zu können.

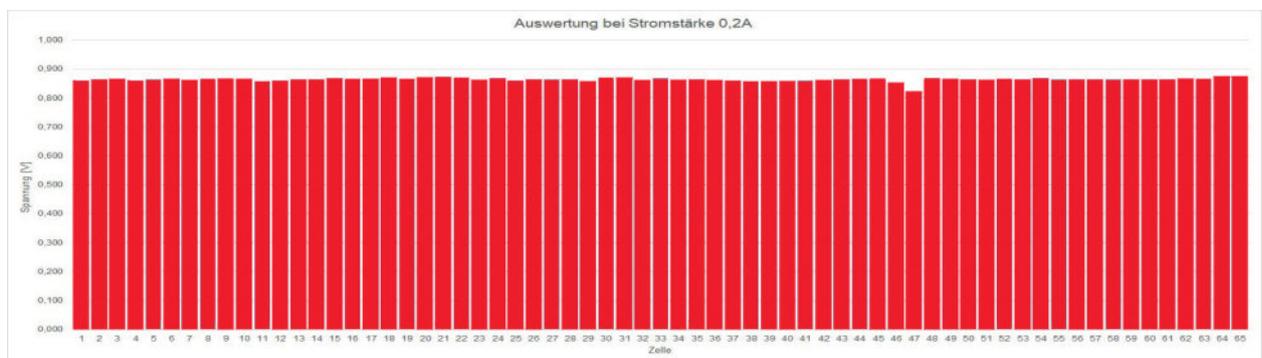


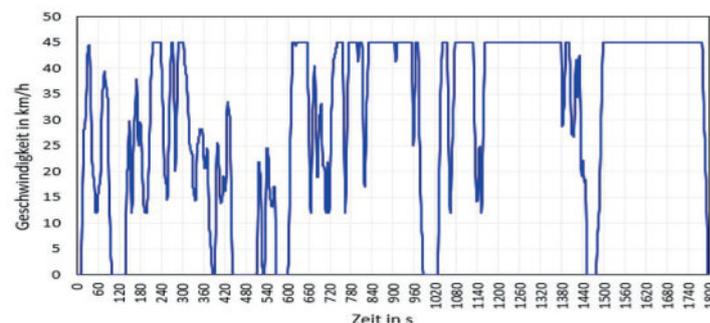
Abb. 3: CVM des Brennstoffzellensystems im Betrieb

Für die Reichweitemaufstockung von 80 km auf 120 km ist eine Brennstoffzelle mit 1,5 kWel als Range-Extender sinnvoll, da hierbei das Verhältnis zwischen Gewicht des (BZ-)Systems und der Menge an mitgeführtem Wasserstoff nicht zu einer Gewichtszunahme des Fahrzeugs führt und dabei die Reichweitenziele erfüllt.

Anschließend wurde eine Batterie so verschaltet, dass diese durch die elektrische Arbeit des BZS geladen werden konnte.

Das Labormuster wurde aufgebaut und getestet. Die Zellen des Brennstoffzellensystems (BZS)

Durch die Modellierung im CAD Programm Siemens NX konnte eine optimale Anordnung der BZS Teile ermittelt werden, um den Fahrtwind nutzen zu können, auf zusätzliche Lüfter verzichten zu können und somit die Effizienz des Gesamtsystems zu steigern.



WLTP Klasse 3 Fahrzyklus	
Gesamtdistanz [km]	15,45
Geschwindigkeit, Ø [km/h]	30,9
Beschleunigung, max. [m/s <sup>2</sup> ]	1,67
Leistungsbedarf, Ø [W]	640,6
Dauer-Leistungsbedarf, max. [W]	1051,4
Spitzen-Leistungsbedarf, max. [W]	2732,9
Energiebedarf, Ø [kWh]	0,32
Energieverbrauch [kWh/100km]	2,07

Batterie

Brennstoffzellensystem

Abb. 4: Leistungs- und Energiebedarf nach dem WLTP Zyklus Klasse 3

## Nachhaltigkeit und Batterie-technologie

Entwicklung eines Zellgehäusedesigns

Elisabeth Reitz, Yannick Motcheu (ElringKlinger AG)

### Ausgangssituation

Die Nachfrage nach elektrischen Energiespeichern wächst weltweit stetig. Einer der Haupttreiber ist der Umstieg von Verbrennungsmotoren auf alternative Antriebe wie Batterien und Brennstoffzellen. Dafür setzt sich die Politik stark ein. So hat das EU-Parlament ein Verkaufsverbot für neue Benzin- und Dieselfahrzeuge ab 2035 ausgesprochen. Dadurch sollen die Emissionen von Kraftfahrzeugen verringert und die Klimaneutralität bis 2050 erreicht werden.

Die derzeit gängigste Technologie im Batteriebereich sind Lithium-Ionen-Batterien (LIBs) aufgrund ihrer einzigartigen Kombination von Energie- und Leistungsdichte, Lebensdauer, Sicherheit und Vielseitigkeit. Weltweit werden mehrere technologische Innovationen vorbereitet (z. B. Si-haltige Anoden, Ni-reiche Kathoden, Festelektrolytzellen u. a.), die in den kommenden Jahren weitere Leistungssteigerungen und Kostensenkungen ermöglichen könnten. Daher ist die Batterietechnologie eine Schlüsseltechnologie für zahlreiche Anwendungen, die für Europa von größter wirtschaftlicher Bedeutung sind.

Die Vision der ElringKlinger AG ist eine nachhaltige Mobilität mit dem expliziten Ziel, die konzernweite bilanzielle CO<sub>2</sub>-Neutralität ab 2030 zu erreichen. Für den Geschäftsbereich Batterietechnologie bedeutet Nachhaltigkeit unter anderem

die Entwicklung einer ressourcenschonenden Deckelbaugruppe für Batteriezellen mit Fokus auf einer reduzierten Anzahl von Einzelkomponenten, gezielter Materialauswahl sowie umweltfreundlichen Fertigungsprozessen.

### Projektdurchführung

Das betroffene Projekt, namens „InnoCap“, zielt auf die Entwicklung und Industrialisierung einer innovativen Zelldeckelbaugruppe für prismatische und zylindrische Lithium-Ionen-Batterien ab (siehe Abb. 1). Im Vergleich zum Stand der Technik wird eine Vergussmasse als Dichtungsmaterial verwendet. Weitere Alleinstellungsmerkmale der InnoCap-Baugruppe sind die einfache Geometrie der Einzelteile und die Reduzierung der Teileanzahl um bis zu 25 % durch Funktionsintegration (siehe Abb. 2).

Das Entwicklungsprojekt verfolgt ein methodisches Vorgehen und lässt sich in die folgenden Arbeitspakete unterteilen.

- Komponenten- und Prozessentwicklung
- Testing und Validierung
- Industrialisierung

Bei der Entwicklung werden nach der Definition der Anforderungen mehrere Designs entworfen, simulativ untersucht und anschließend erprobt.

Ob die definierten Anforderungen erfüllt werden, lässt sich durch eine Reihe von Tests feststellen. Hierbei werden Methoden zur Prüfung der Funktion der Bauteile und der Baugruppe erarbeitet, mit dem Ziel, die Produkt- und Prozessqualität zu verbessern. Es werden mehrere Schleifen durchlaufen und die aus den Tests gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse fließen in den Ent-



Abb. 1: Deckelbaugruppe für versch. Zellformate

wicklungsprozess zurück und sorgen somit für einen kontinuierlichen Optimierungs- und Verbesserungsprozess der Komponenten und der Baugruppe.

Zu berücksichtigen während der Entwicklung sind außerdem die Fertigungsprozesse der verschiedenen Einzelkomponenten sowie der Baugruppe. Bei der Auswahl der anzuwendenden Prozesse wird der Fokus auf die Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit gelegt.

Die Prozesse werden zunächst im Labormaßstab untersucht und entwickelt. Anschließend werden diese in eine Musterfertigung und zum Schluss in eine Serienfertigung überführt.

### Ergebnisse

Das InnoCap-Projekt befindet sich aktuell in der Hochphase und wird noch einige Jahre andauern. Erste erfolgsversprechende Ergebnisse konnten bereits erzielt werden:

- Erfolgreiche Identifizierung einer Vergussmasse als Dichtungsmaterial.
- Entwicklung verschiedener Fertigungsprozesse im Hinblick auf Prozesssicherheit.
- Verbesserung der Recyclingfähigkeit durch Verwendung von weniger Materialien (Materialreduzierung um bis zu 50 %).
- Vereinfachung und Reduzierung der Fertigungsschritte um bis zu 40 %.

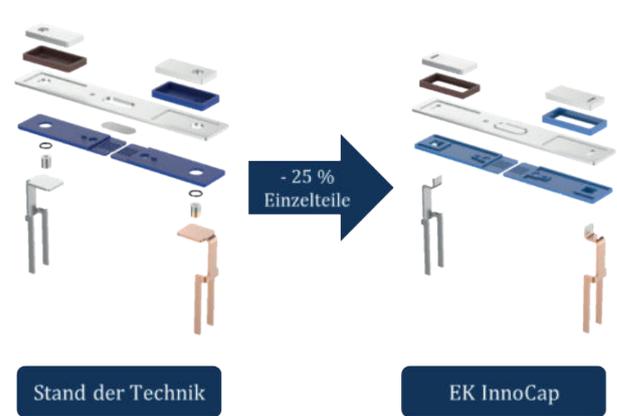


Abb. 2: Vergleich zwischen InnoCap und Stand der Technik

Mithilfe der bisherigen Ergebnisse und der noch anstehenden Arbeiten wird eine serienreife Zelldeckelbaugruppe mit umweltfreundlichem Produktionskonzept in den Markt gelangen. Verglichen mit aktuell auf dem Markt verfügbaren Zelldeckelbaugruppen ist von einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der gesamten Fertigungskette um ca. 40 % auszugehen.

### Quellen

Europäisches Parlament (2023). EU-Verkaufsverbot für neue Benzin- und Dieselfahrzeuge ab 2035 – Was bedeutet das? [online] <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/economy/>

20221019ST044572/verkaufsverbot-fur-neue-benzin-und-dieselfahrzeuge-ab-2035-was-bedeutet-das [abgerufen am 21.04.2023]

ElringKlinger AG (2023). Interne Unterlagen.

## Lebensdauer thermischer Interface-materialien für die Kühlung von 48 V-Batterien in Mild-Hybrid-Fahrzeugen

Kristina Braak, Andreas Griesinger (DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

Die Motivation für die Untersuchung von 48 V-Batterien für Mild-Hybrid-Fahrzeuge liegt in den gestiegenen gesetzlichen Anforderungen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion. So führt die angekündigte Abgasnorm Euro 7 zu einer schnelleren Elektrifizierung von PKWs und somit entsteht ein höherer Bedarf an Batterien und Wissen zu ihrem Alterungsverhalten. Vor allem Mild-Hybrid-Fahrzeuge punkten mit einer schnellen Umsetzbarkeit durch die Kombination des klassischen Verbrennungsmotors mit dem Elektromotor.

### Projekt

Bei den in der 48 V-Batterie eingesetzten thermischen Interfacematerialien (TIM) handelt es sich um thermisch leitfähige Klebstoffe. Diese sorgen für eine thermische Kopplung zwischen den Batteriezellen sowie der Leistungselektronik und dem Batteriegehäuse. Sie sind entscheidend für das Wärmemanagement der Batterie und garantieren eine praxismgerechte Lebensdauer. Zum Alterungsverhalten und den Fehlermechanismen dieser Klebstoffe gibt es heute viele offene Fragen.

Als Hypothesen für Alterungsmechanismen wurden chemische Prozesse wie eine Nachvernetzung des Polymers mit einer daraus resultierenden Versprödung, ein Degradationsprozess durch den Abbau von Polymerketten und eine Blasenbildung als Folge von Ausgasungen an der Kontaktfläche in Betracht gezogen. Des Weiteren wurden physikalische Prozesse wie Rissbildung und Adhäsions-, bzw. Kohäsionsbrüche durch mechanische Belastung erwartet.

Als TIMs wurden zwei gefüllte Epoxide und ein Polyurethan verschiedener Firmen untersucht.

Um die genannten Hypothesen zu verifizieren, wurden die Klebstoffe im Powercycling gealtert und hinsichtlich ihrer Eigenschaften in Zugversuchen und thermogravimetrischen Analysen (TGA) untersucht.

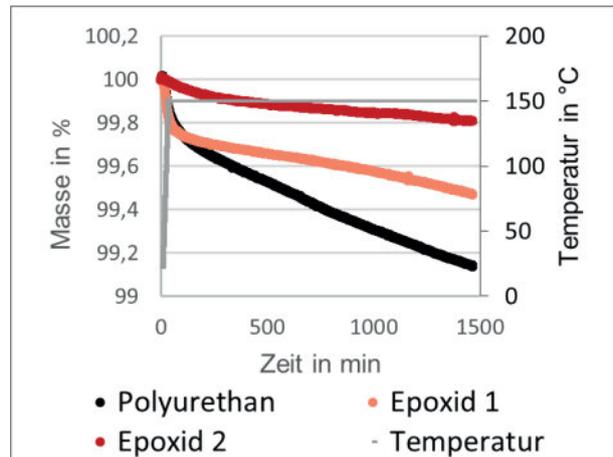


Abb. 1: Ergebnis der TGA Messungen (24 h bei 150 °C)

In einem weiteren Schritt wurde das mechanische Verhalten, resultierend aus einer Temperaturänderung, in der Software ANSYS simuliert.

### Ergebnisse

In Abb. 1 sind die Messergebnisse der TGA für die drei TIMs über eine Messzeit von 24 h dargestellt. In den Ergebnissen unterscheiden sich alle drei TIMs eindeutig, wobei das Polyurethan den größten Masseverlust aufweist.

Abb. 2 zeigt das Spannungs-Dehnungs-Diagramm für die drei TIMs. Das Polyurethan zeigt die größte Dehnung der drei Materialien. Die beiden Epoxid-Klebstoffe widerstehen höheren Spannungen.

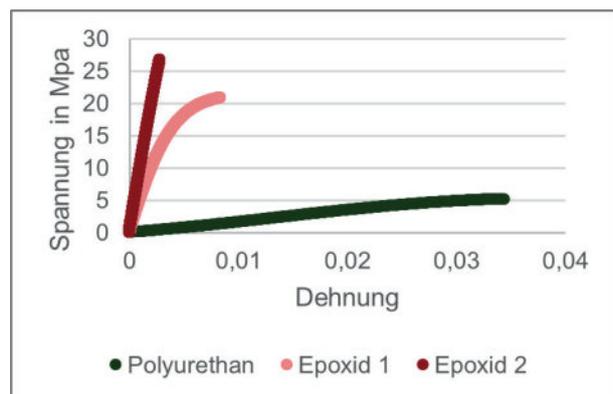


Abb. 2: Ergebnis der Vollmaterial Zugversuche

Ein Ergebnis der Simulation ist in Abb. 3 beispielhaft dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich die höchsten Spannungen an den fixierten Ecken ausbilden. Bei einer Betrachtung des Klebstoffes zeigt die Analyse, dass die höchsten Spannungen an der Außenkante entstehen.

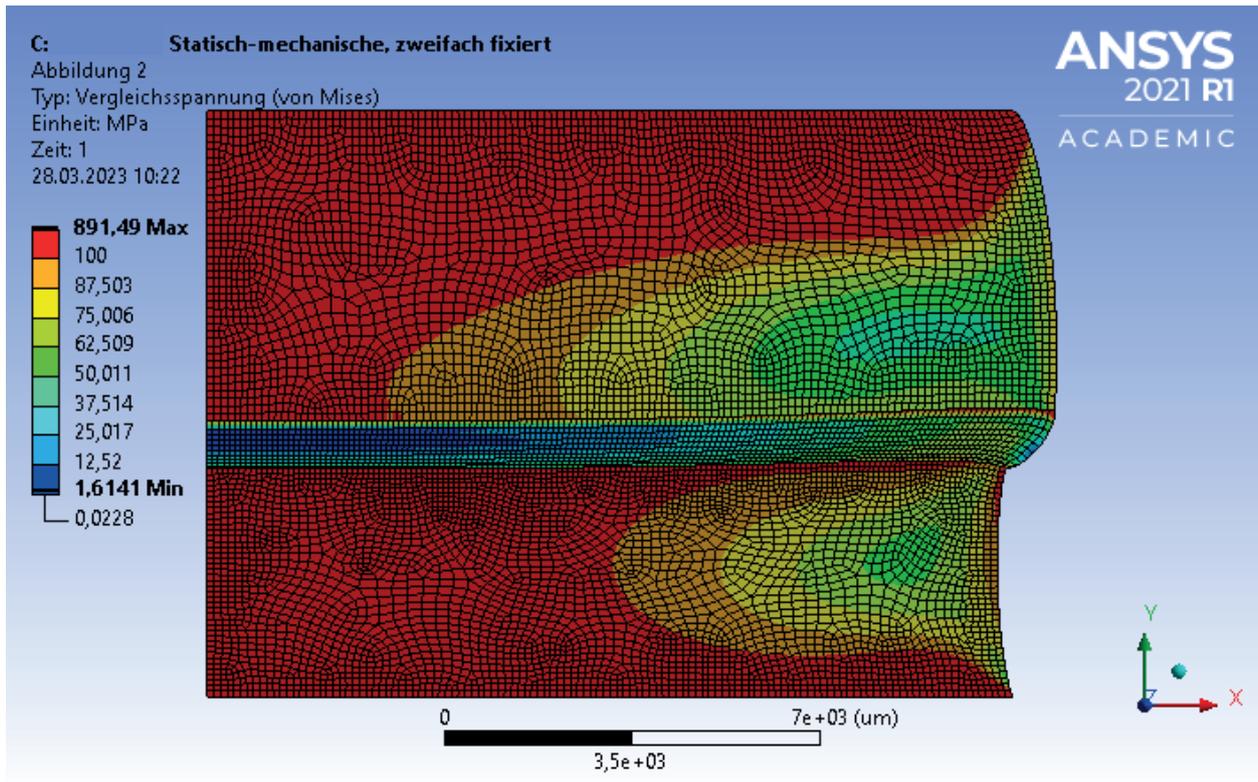


Abb. 3: Simulationsergebnis der Vergleichsspannung in MPa für einen Temperaturgradienten von -20 °C bis 90 °C

## Simulation von rheologischen Experimenten und Vakuumformprozessen durch einen neuartigen nichtlinearen hyperviskoelastischen Modellierungsansatz für amorphe Kunststoffe im gummielastischen Bereich

Florian Schwär (DHBW Karlsruhe)

### Ausgangssituation

Beim Vakuumformen wird eine Kunststoffolie oder -platte durch Erwärmung in den zäh-weichen Zustand gebracht und anschließend durch Anlegen eines Unterdruckes umgeformt. Auch aufgrund der dehnungsinduzierten Verfestigung ist dieser Umformprozess hervorragend geeignet, um häufig dünnwandige Bauteile für eine Vielzahl von Anwendungen, wie etwa als Lebensmittelverpackung, oder aber Interieur im Fahrzeug, in Klein- oder Großserie herzustellen. Gegenüber vielen anderen Fertigungsverfahren der Kunststofftechnik, wie etwa dem Spritzguss, zeichnet sich der Vakuumformprozess zudem durch meist kostengünstigere Werkzeug- und Anlagentechnik aus, während der Materialverbrauch aufgrund des anfallenden Verschnitts in der Regel höher ausfällt. Jährlich werden etwa 390 Mrd. Tonnen Kunststoff weltweit produziert, ein Großteil davon für Verpackungen (ca. 40%) [4]. Mit der Optimierung der Materialausnutzung respektive der Fähigkeit den Prozess so zu gestalten, dass die Dicke des Ausgangsmaterials minimal wird, werden sowohl Wirtschaftlichkeit als auch Nachhaltigkeit maximiert.

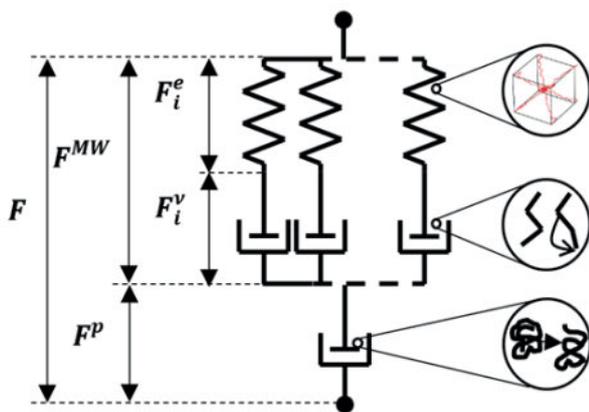


Abb. 1: Hyperviskoelastischer Modellierungsansatz für amorphes HIPS im gummielastischen Bereich

### Material und Methode

Durch Prozesssimulation könnte der Prozess in der Simulation optimiert werden und so bisher verwendete aufwändige „trial and error“-Versuche vermieden werden. Hierzu wird in dieser Studie am Beispiel von schlagzähmodifiziertem Polystyrol ein mikromechanisch inspiriertes nichtlineares hyperviskoelastisches Modell entwickelt, um das thermomechanische Verhalten von amorphen Kunststoffen im gummielastischen Bereich zu beschreiben. Der neuartige Ansatz besteht aus einem nichtlinearen generalisierten Maxwell-Modell in Kombination mit einem zweiten dissipativen Element in Reihe (vgl. Abb. 1).

Jedes Maxwell-Element enthält ein hyperelastisches Eight-Chain-Element [2] in Reihe mit einem viskosen Element auf Grundlage eines hyperbolischen Ansatzes, welcher eine Vereinfachung des Double-Kink-Modells von Argon [1] darstellt. Während das verallgemeinerte Maxwell-Modell Relaxation aufgrund der molekularen Ausrichtung berücksichtigt, ist das zusätzliche dissipative Element eine Modifikation auf der Grundlage des Ansatzes von Bergström [3] und berücksichtigt somit die Kettenreptation der Moleküle.

Das Modell wurde mit dem Ziel entwickelt, im Grenzbereich kleiner Verformungen gegen das verallgemeinerte lineare Maxwell-Modell zu konvergieren. Darüber hinaus verhalten sich viskose Effekte temperaturaktiviert und werden durch den Williams-Landel-Ferry-Ansatz [5] für den viskoelastischen Grenzfall berücksichtigt.

Die Kalibrierung des Modells erfolgt über SAOS-Versuche an einem Rotationsrheometer, sowie über uniaxiale Dehnversuche nach dem EVF-Prinzip ebenfalls an einem Rotationsrheometer. Abb. 2 zeigt die hohe Übereinstimmung der Spannung  $\sigma$  für Messwerte und Simulation bei uniaxialer Dehnung weit über die zehnfache Deformation  $\lambda$  über einen weiten Bereich von Temperatur und Dehngeschwindigkeit.

Für die Modellierung des Umformprozesses werden Prozessparameter wie Werkzeugweg durch einen Seilzugsensor, Unterdruck durch einen Drucktransmitter und Temperatur am Ende des Aufheizzyklus über eine Wärmebildkamera erfasst und jeweils als Randbedingungen in der Simulation berücksichtigt.

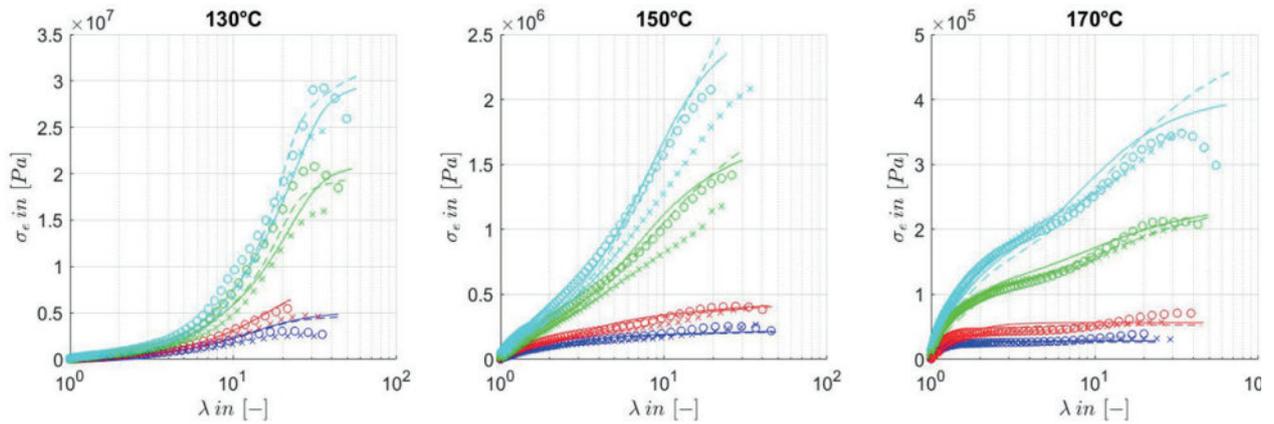


Abb. 2: Versuch und Modell, uniaxiale Deformation

In dieser Arbeit wird ein 80 mm hoher Konus mit Verjüngung von Durchmesser 60 mm auf 40 mm als Testwerkzeug verwendet. Die Prozessschritte sind in Abb. 3 dargestellt.

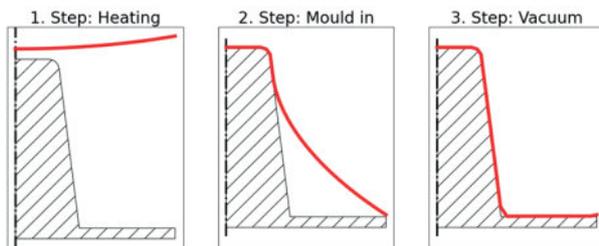


Abb. 3: Vakuumformen experimenteller Ablauf

## Ergebnisse

Im Rahmen der Arbeit ist das vorgestellte Modell über eine Fortranroutine in die kommerzielle Finite Elemente Software Abaqus/Explicit implementiert. Abb. 4 zeigt die Dickenverteilung für Messwerte und Simulation entlang der Streckenlänge  $s$  ausgehend vom Mittelpunkt des rotationssymmetrischen Bauteils. Obwohl es sich beim Vakuumformen um einen kurzzeitdynamischen Umformprozess handelt, der innerhalb Bruchteile einer Sekunde abläuft, zeigt das Modell hohe Übereinstimmung gegenüber den Experimenten. Somit ist gezeigt, dass der mikromechanisch inspirierte Modellierungsansatz in der Lage ist, das viskoelastische Verhalten von HIPS innerhalb komplexer Vakuumformprozesse abzubilden.

Auf Grundlage dieser Arbeit können zukünftig Prozessparameter im Sinne der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit optimiert werden. Das vorgestellte Materialmodell liefert die notwendige Basis hierzu.

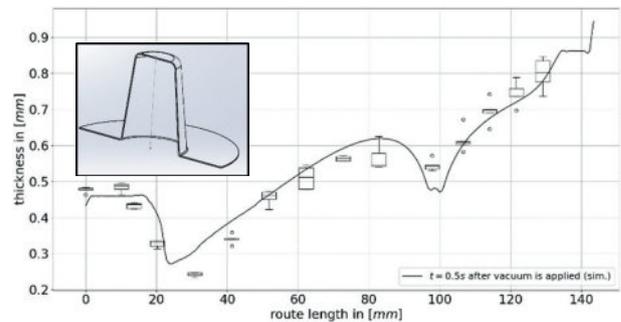


Abb. 4: Dickenverteilung in Abhängigkeit der Streckenlänge  $s$  für Messwerte und Simulation

## Quellen

- [1] Argon, A. S. 1973. A theory for the low-temperature plastic deformation of glassy polymers. *Philosophical Magazine* 1973, 28, 839–864.
- [2] Arruda, E. M. and Boyce, M. C. 1993. A three-dimensional constitutive model for the large stretch behavior of rubber elastic materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 1992, 41, 389–412.
- [3] Bergström, J. S. 1999. Large Strain Time-Dependent Behavior of Elastomeric Materials. Dissertation, MIT.
- [4] PlasticsEurope AISBL. 2022. *Plastics - the Facts 2022*, Brussels.
- [5] Williams, M. L., Landel, R. F., and Ferry, J. D. 1955. The temperature dependence of relaxation mechanisms in amorphous polymers and other glass-forming liquids. *Journal of the American Chemical Society* 1955, 77, 3701–3707.

## Verkleinerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks im Heißkanalbau

Reduktion des Energieverbrauchs eines Heißkanalsystems

Johannes Bamberger (Otto Männer GmbH)

### Ausgangssituation

Bei energieintensiven Branchen, zu welcher die Kunststoffverarbeitung zählt, sind die Energiekosten ein treibender Preisfaktor. Daher gilt es bei der Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks, neben der Erzeugung einer Produktkreislaufwirtschaft, auch den Energieverbrauch bei der Formteilherstellung zu senken. Mit dieser Thematik befasst sich die Otto Männer GmbH bereits seit längerem und versucht neben einer prozessorientierten Entwicklung auch den Energieverbrauch ihrer Systeme zu reduzieren.

Betrachtet man den Energieverbrauch eines Spritzgießprozesses aus Abb. 1, zeigt sich neben der Spritzgießmaschinenheizung und -steuerung, die Temperierung des Systems als energieintensiver Prozessteil auf.

Mit ca. 15% macht das Heißkanalsystem nur einen Bruchteil des Gesamtenergieverbrauchs eines Spritzgießprozesses aus. Das Einsparungspotenzial des Heißkanals gilt es zu nutzen.

### Projektagenda

Zunächst gilt es die einzelnen Bauteile eines Nadelverschlussheißkanalsystems hinsichtlich ihres Stromverbrauches, beziehungsweise den Einfluss

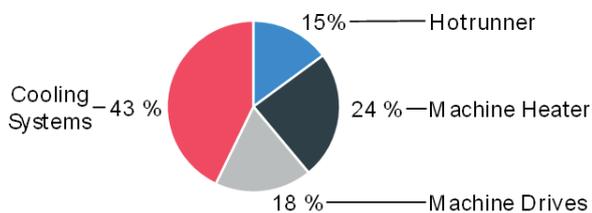


Abb. 1 Verteilung des Energieverbrauchs des Spritzgießprozesses eines 4-fach Werkzeuges

auf diesen zu analysieren. Folgende Elemente haben einen direkten und indirekten Einfluss auf den Stromverbrauch:

- Düse (Nozzle)
- Heißkanalverteiler (Manifold)
- Angussbuchse (Sprue bush)

- Verschraubung (Screw)
- Nadel (Pin)
- Zentrierelement (Centring element)
- Heizelemente (Heating elements)

Zur Ermittlung des Einflusses der einzelnen Elemente auf den Stromverbrauch, werden verschiedenen Konfigurationen einer Heißen Seite eines Versuchswerkzeuges aufgeheizt und auf einer konstanten Temperatur gehalten.

Zunächst wird der Energieverbrauch eines vollständigen Systems ermittelt. Anschließend werden beispielsweise die Systemverschraubungen entfernt und der Vorgang wiederholt. Durch eine Ermittlung der Differenzen kann der Einfluss der verschiedenen Elemente ermittelt werden.

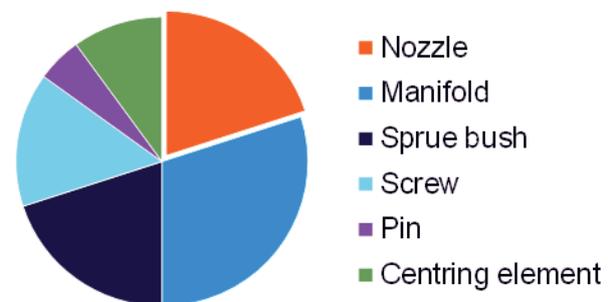


Abb. 2 Beispielhafte Verteilung des Energieverbrauchs einzelner Elemente eines Nadelverschluss-heißkanalsystems

Die abgeleiteten Versuchsergebnisse werden abschließend in einer Grafik (siehe beispielhafte Verteilung Abb. 2) gegenübergestellt und zeigen so den isolierten Einfluss der Komponenten auf den Energieverbrauch des Systems.

Um aufbauend auf diesen Ergebnissen verschiedenste Modifikationen vornehmen zu können, müssen Randbedingungen für ein energieeffizientes Heißkanalsystem festgelegt werden. Ein effizientes Heißkanalsystem definiert sich in erster Linie über einen geringen Wärmeverlust, welcher sich aus Konvektion, Strahlung und Wärmeleitung zusammensetzt.

Bei Betrachtung des Heißkanalsystems aus Abb. 3 lassen sich Bereiche definieren, welche mehr oder weniger Einfluss auf den Wärmeverlust haben. Bei der Düsen Spitze, dem Düsenrätgering, dem Zentrierring und der Verschraubung des Heißkanalsystems sind die Wärmeleiteffekte dominierend. Die Wärmestrahlung dominiert demgegenüber beim Düsenkörper, dem Heißkanalverteiler

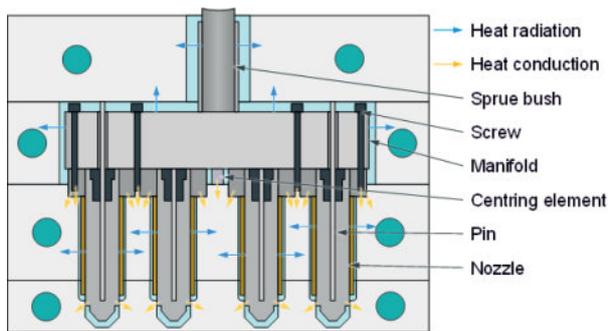


Abb. 3 Darstellung der Wärmeverlustrquellen eines Heißkanalsystems

und der Angussbuchse. Der Heißkanalverteiler hat aufgrund seiner großen Oberfläche den größten Wärmeverlust.

### Systemmodifikation

In Anbetracht der zuvor ermittelten Wärmeverlustrquellen bestehen vielerlei Möglichkeiten diese zu reduzieren und dementsprechend den Energieverbrauch zu reduzieren. Zur Darstellung, welche Einsparmöglichkeiten am System durch definierte Änderungen erreicht werden können, sind zwei Düsenvariationen hinsichtlich ihres Energieverbrauchs miteinander verglichen worden. Hierzu wird eine MSN22-SE und eine MSN22-A in demselben Heißkanalsystem unter den identischen Prozessbedingungen geprüft.

Die MSN22-SE Düse stellt hierbei die Ausgangssituation dar. Darauf basierend sind an der MSN22-A Düse, neben einem neuen Heizbandtyp, folgende Änderungen vorgenommen:

- Einsatz eines Düsenträgersitzring
- Veränderte Massekanalführung
- Modifizierter Isoliering

### Ergebnisse

Unter folgenden Randbedingungen werden die beiden Düsenvariationen einer Versuchsreihe unterzogen. Somit werden Erkenntnisse über die Auswirkungen der Änderungen, hinsichtlich des Energieverbrauchs festgestellt:

- Kavitätanzahl: 4
- Teilgewicht: 7,04g
- Material: PC-ABS (300°C)
- Werkzeugtemperatur: 80°C
- Zykluszeit: 12,14 s
- Maschinentyp: IntElect 130-700

Die Strommessung erfolgt für das komplette Heißkanalsysteme, jeweils über eine Laufzeit von 7h. Um eventuelle Auswirkungen auf die anderen Peripherien festzustellen, werden das Temperiergerät, sowie die komplette Maschineneinheit mit aufgezeichnet.

In Abb. 4 ist der Energieverbrauch des Heißkanalsystems mit den jeweiligen Düsen gegenübergestellt. Hierbei zeigt sich aufgrund des neuen Heizbandes der MSN22-A Düse ein gesteigener Energieverbrauch im Aufheizvorgang. Betrachtet man jedoch den Trockenlauf des Systems, zeigt sich eine Energieeinsparung von 20,9 %. Bei Analyse des Verbrauchs während des Prozesses zeigt sich noch eine Einsparung von 19,2 % und entspricht im vorliegenden Fall ca. 0,34 kWh Energieeinsparung. Ein negativer Einfluss auf den Prozess und die Bauteilqualität ist nicht festzustellen.

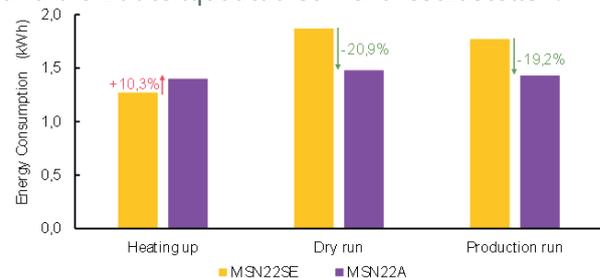


Abb. 4 Gegenüberstellung Energiewerte des Heißkanalsystems mit 22MSN-SE und MSN22-A

### Fazit & Ausblick

Die Erkenntnisse aus dem aufgeführten Fallbeispiel zeigen, welches Energieeinsparungspotenzial der Heißkanalbereich nach wie vor aufweist. Auf Grundlage der Versuchsergebnisse, werden darüber hinaus Änderungen an den Heißkanalelementen (Düse, Verteiler etc.) vorgenommen, um den Gesamtenergieverbrauch zusätzlich zu reduzieren.

### Quellen

- Wortberg, J.; Kamps, T.; Schiffers, R.: Welche Energie kostet ein Antrieb? Kunststoffe 93 (2003) 3, S. 64-70
- Kartelmeyer, St.; Hüttemann, M.-V.; Moritzer, E.; Jaroschek, Ch.: Kühlen mit dem Wärmerohr, Kunststoffe 111 (2021) 3, S. 64-67



**SESSION 10**

**Nachhaltige Produktion (SDG 12) – Maßnahmen  
zum Klimaschutz (SDG 13)**

**12** NACHHALTIGE/R  
KONSUM  
UND PRODUKTION



**13** MASSNAHMEN ZUM  
KLIMASCHUTZ



## **Gemeinsam den Kreislauf schließen: Synergien dank Sensibilisierung**

**Natalie Otterbach (Adolf Würth GmbH & Co. KG)**

Die Circular Economy stellt eine Wirtschaftsweise dar, die darauf abzielt, die linearen Material- und Energieströme zu minimieren, indem Stoffkreisläufe geschlossen und erneuerbare Energieströme integriert werden. Um zukunftsfähiges Wachstum zu erreichen, hat sich die Adolf Würth GmbH & Co. KG, Muttergesellschaft der Würth-Gruppe, im Folgenden Würth genannt, das Ziel gesetzt, bis 2030 weitestgehend kreislauffähig zu sein. Würth ist Weltmarktführer im Handel mit Montage- und Befestigungsmaterial. Als Handelsunternehmen bietet Würth seinen Kunden eine Vielzahl an unterschiedlichen Produkten an, von der Schraube, dem Kleber, bis hin zum Toilettendeckel. Das heterogene Produktportfolio und die Zusammenarbeit mit vielen verschiedenen Produzenten stellen besondere Herausforderungen für eine Transformation zu einer nachhaltigen, zirkulären Wirtschaftsweise dar.

Circular Economy kann man nicht als Insellösung erreichen. Um die Transformation erfolgreich umzusetzen, müssen interne und externe Anspruchsgruppen mitgenommen, vernetzt und begeistert werden. Ziel dieses Beitrages ist es, Erfahrungswerte, wie man ein gemeinsames Nachhaltigkeitsverständnis mit den verschiedenen Anspruchsgruppen aufbauen und diese für eine gemeinsame Transformation begeistern kann, zu teilen.

### **Interne Anspruchsgruppen**

Unternehmensintern wurden mehrere Nachhaltigkeitsgremien gegründet. In den Gremien tauschen sich Mitarbeitende aus unterschiedlichen Abteilungen mehrmals im Jahr aus, stellen Projekte vor, sammeln Inspiration, Ideen und entdecken potenzielle Synergien. Insbesondere zu Beginn war ein essentieller Faktor, den für viele noch sehr abstrakten Begriff der Nachhaltigkeit greifbar und im Alltag präsent zu machen sowie ein gemeinsames Nachhaltigkeitsverständnis aufzubauen. So entstand die Idee zum Tag der Nachhaltigkeit. Am Tag der Nachhaltigkeit präsentierte

eine Vielzahl an Abteilungen ihre Schnittstellen und Projekte. Die Mitarbeitenden konnten an zahlreichen Stationen entdecken, wie Nachhaltigkeit bei Würth umgesetzt und gelebt wird – u.a. durch den Bau von Insektenhotels, Probefahrten in Elektrofahrzeugen und Gewinnspiele.

Um ein dauerhaftes Bewusstsein zu schaffen, ist es essentiell, solche Leuchtturmprojekte zu ergänzen durch kontinuierliche Kommunikation in kleinen „Häppchen“. Hierfür werden verschiedene Kanäle genutzt, z.B. das Intranet, Mitarbeitermagazine, Newsletter, interne Leitfäden und soziale Medien.

Neben der allgemeinen Kommunikation werden Fokusthemen und -abteilungen zielgruppenspezifisch angesprochen, z.B. durch Workshops und Schulungen. Durch die gemeinsame Entwicklung von Strategien und Projekten steigt das Commitment und das Expertenwissen der Fachabteilungen kann besser mobilisiert werden.

### **Weitere Anspruchsgruppen**

Um wirklich zirkulär zu werden, ist es unerlässlich, Synergien entlang der Wertschöpfungskette zu identifizieren und zu realisieren. Als Handelsunternehmen wird Würth mit der Herausforderung konfrontiert, dass sowohl Kunden als auch Lieferanten ebenso vielfältig sind wie das Produktportfolio.

An Kundentagen und Nachhaltigkeitssymposien entwickelt Würth mit seinen Kunden ein gemeinsames Nachhaltigkeitsverständnis, identifiziert neue Anforderungen und Herausforderungen, die u.a. die Grundlage für die Weiter- und Neuentwicklung von nachhaltigen Produkten und Services darstellen. Um die Kreislauffähigkeit und Nachhaltigkeit des Portfolios systematisch zu bewerten und den Kunden transparente Informationen zur Verfügung zu stellen, wurde die Produktbewertungsmatrix entwickelt.

Bei Lieferanten ist es einerseits wichtig, ein klares Verständnis der Mindestanforderungen, z.B. bezüglich sozialer Standards in der Lieferkette, zu schaffen; andererseits gilt es auch hier Potenziale zu identifizieren und gemeinsam Synergien zu erschließen. Ein Beispiel stellt die Verpackung der Zerspanungswerkzeuge dar. Gemeinsam mit dem Verpackungshersteller rose plastic wurde eine langfristig einsetzbare Verpackungslösung entwi-

ckelt, die zu 100% aus Post-Consumer Rezyklat besteht und zugleich vollständig recyclingfähig ist.

### Circular Economy

Der Weg zu einer zirkulären Wirtschaftsweise ist vielseitig und vielschichtig. Abb.1 gibt einen Überblick diverser Aspekte und ihrer positiven Auswirkungen auf Produkte (P), Unternehmen (U) und/oder Gesellschaft (G). Damit die dazugehörigen

Sensibilisierungsmaßnahmen Erfolg haben und eine zirkuläre Transformation ermöglichen können, müssen diese genauso vielseitig sein und die gemeinsamen Ziele und Vorteile aufzeigen.

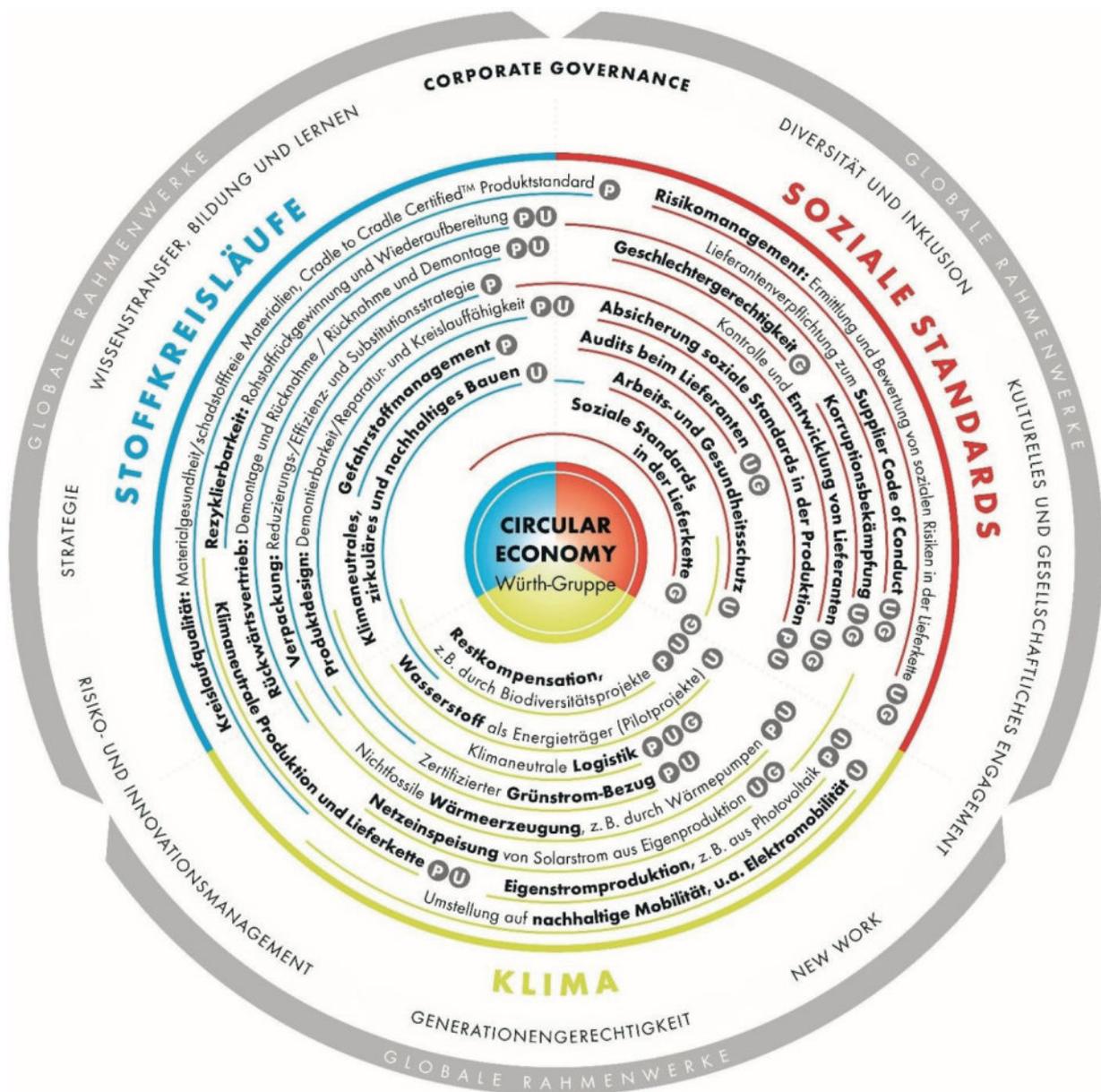


Abb. 1: Circular Economy Kompass der Würth-Gruppe

## Strengthening sustainability or stifling the economy: Germany’s Supply Chain Due Diligence Act and consequences for the social sector

Roman Grinblat (DHBW Heidenheim),  
Annemarie Maixner (OPED GmbH)

### Initial Situation

“What’s good for the planet is good for business”  
World Economic Forum Annual Meeting 2020 in Davos.

In a globalised economy, transnational corporations but also small and medium sized companies (SME) from all sectors are directly or indirectly linked to global supply chains, through transnational business activities and foreign investments. This potential threat to individuals and the environment has been revealed by persistent human rights abuses and damage to the environment. In practice, human rights abuse and environmental destruction by transnational corporations often take place in countries of the Global South and affect the most vulnerable people, such as women workers, child labourers and residents of poor and rural areas. Nevertheless, the international but also national legal framework did not impose direct human rights or environmental obligations on private actors, including transnational corporations and SME until recently. The responsibilities of transnational corporations for human rights in global supply chains were mainly based on a patchwork of soft law regulations. This situation has changed recently. Regulations that aim at the observance of certain human rights and environmental standards by companies along the value chain have gained momentum. A recent example is the German Supply Chain Due Diligence Act (Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten v. 16.7.2021, BGBl. I 2021, 2959; so called Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz/LkSG) that obliges German companies with 3.000 employees respectively 1.000 employees (from 1.1.2024) to adhere to due diligence obligations vis-à-vis human rights and the environment when making use of global supply chains. It is a first step on national basis, but similar laws are also expected at the European level.

### Project

The LkSG entails far-reaching new obligations impacting the management of affected companies.



Fig. 1: Obligation of the Act

In cooperation with an innovative medium sized medical device manufacturer the PI wants to explore how the German Supply Chain Due Diligence Act affects the company, which workflows must be adjusted as well as whether new company guidelines should be implemented.

The research questions are as follows:

- Do company processes have to be adjusted due to the regulatory requirements?
- How should some key legal terms of the regulation, such as utility service or end customer, be interpreted?
- Do existing corporate compliance specifications need to be expanded and/or rewritten?
- Development of new internal training concepts for domestic and international employees.

Innovative character of the proposed research is ensured for three reasons. Firstly, in practice there is much legal uncertainty about the law but little scientific literature. In addition, the lack of judgements makes it difficult to deal with the uncertainty especially in a strong regulated sector such as healthcare. Secondly, the medical devices sector, as part of the healthcare system, has additional specific requirements, such as technical standards, reimbursement, liability, and post market surveillance, which must be taken into

consideration. Thirdly, the project can show best practice examples for the implementation on the Act within an SME. Therefore, we expect that the project will have a substantial impact on the advancement of the scientific field.

### **Methodology**

We pursue a holistic approach involving different departments (regulatory affairs, legal, sales and operations) as well as multiple research methods. Application of a theoretical framework, legal analysis including legal comparison and qualitative social research such as case-study. The development of suitable key performance indicators (KPIs) could increase the sustainability impact and innovativeness of the project.

### **Results**

The project will provide a holistic support for the realization of a company-wide sustainability and social compliance strategy. The outcomes of the project will allow for the development of an informed position on the current legislation within the healthcare system/medical device market. They will facilitate academic debate as well as serve as a best practice example.

The results of the project will be disseminated through participation in international conferences, as well as through academic articles in renewed journals.

### **Quellen**

Askin, E (2022). The Human Rights Responsibilities of Corporations in Global Supply Chains. ZEuS 2/2022, 319-334.

Bäumler, J (2022). Germany's Supply Chain Due Diligence Act: Is it Compatible with WTO Obligations? ZEuS 2/2022, 265-286.

Bundesverband Medizintechnologie e. V. (2022). BVMed-Handreichung zum LkSG. <https://www.bvmed.de>. Access 25.4.2023.

Depping, A., Walden, D. (2022). Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz: LkSG.

Gehling, C., et.al. (2021). Das neue Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz – Umsetzung in der Unternehmenspraxis, CCZ 2021, 230-241.

## EU Green Deal – Warum die Transformation zur Kreislaufwirtschaft die Digitalisierung benötigt

Cecilia Hirthe, Tobias Häuptle (NTT DATA Deutschland GmbH)

### Ausgangssituation

Der EU Green Deal ist ein ehrgeiziges Projekt, das sich zum Ziel setzt, Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Somit ist der EU Green Deal die europäische Antwort auf den Klimawandel und die vereinbarten Ziele des Pariser Abkommens.

Für die Reduzierung der Treibhausgase um 55% bis zum Jahr 2030, setzt die EU auf technologische, soziale, wirtschaftliche und gesellschaftliche Fortschritte. Damit soll es gelingen, die Entkopplung von Wirtschaft und Ressourcennutzung zu realisieren und den Schutz des Menschen zu gewährleisten. Der Green Deal hat bereits zu ersten legislativen Prozessen geführt. Das Gesetzespaket Fit for 55 soll die juristische Umsetzung der Klimaziele beinhalten.

### Projekt

Bisher folgt die Wirtschaft bei der Produktion von Konsumgütern weitestgehend einem linearen Prinzip: Von der Gewinnung von Rohstoffen, Produktion und Konsum der Güter bis zur Entsorgung des Abfallprodukts. Die Auswirkungen einer solchen Wirtschaft belasten sowohl die Ökosysteme als auch die Gesellschaft und können unter Umständen zum Zusammenbruch natürlicher Stoffkreisläufe führen. Das Modell der Kreislaufwirtschaft soll den Wirtschaftswachstum und den Ressourcenverbrauch entkoppeln, indem die Wiederverwendbarkeit von Produkten und Materialien in den Fokus gerückt wird. Die Erwartungen an das Modell sind hoch, denn zum einen soll es ein Stützpfeiler sein, um die Klimakrise zu bewältigen, und zum anderen soll das Wirtschaftswachstum nicht stagnieren.

Das aktuelle Verständnis des kreislauforientierten Wirtschaftens ist das Circular Economy-Modell der Ellen MacArthur Foundation, das auf drei Prinzipien aufbaut:

1. Eliminierung von Abfall und Verschmutzung
2. Wiederverwendung von Materialien
3. Natürliche Systeme regenerieren

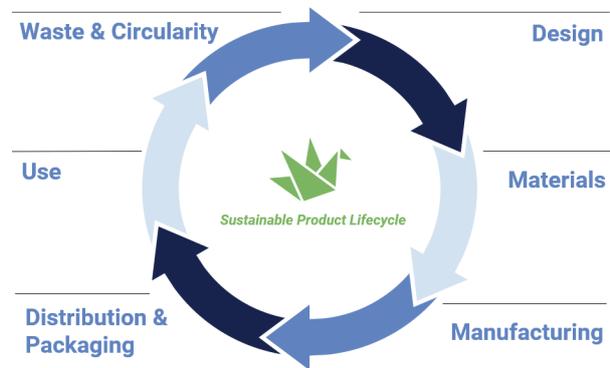


Abb. 1: Circular Economy-Modell der EllenMacArthur Foundation

Für die Umsetzung dieser Prinzipien ist der Designprozess von Produkten von zentraler Bedeutung. Der Aktionsplan „Circular Economy“, welcher im März 2020 von der Europäischen Kommission als Maßnahmenpaket vorgestellt wurde, soll die Weiterentwicklung der europäischen Kreislaufwirtschaft beschleunigen. Damit unterstützt der Aktionsplan das Ziel der EU-2050-Klimaneutralität im EU Green Deal. Die darin erarbeiteten Aktionen sollen sicherstellen, dass die in der EU verkehrenden Produkte reparierbar, wiederverwendbar und recyclebar sind. Entscheidend sind die folgenden Maßnahmen:

- Produkte umweltfreundlicher und energieeffizienter gestalten durch Ökodesign-Anforderungen.
- Verbesserung der Informationstransparenz über die Nachhaltigkeit von Produkten für Verbraucher:innen und Akteure:innen der Lieferkette.
- Verhinderung der Vernichtung von unverkauften Konsumgütern.
- Entwicklung und Unterstützung von nachhaltigen Geschäftsmodellen.
- Festlegen von verbindlichen und ökologischen Anforderungen für die Beschaffung von Gütern im öffentlichen Sektor.

Für die Umsetzung dieser Maßnahmen ist die Digitalisierung und Datenverfügbarkeit von zentraler Bedeutung. Aktuelle Verfahren, Prozesse und Strukturen können dadurch verbessert werden.

Geschäftsmodelle können in neue Ausrichtungen überführt und die Neuorientierung einer ökologischen Gesellschaft kann wirksam transformiert werden.

Digitale Lösungen können industrielle Prozesse auf allen Produktstufen optimieren. Beispielsweise können beim Produktdesign digitale Tools bei der Konstruktion von Bauteilen und Produkten helfen (Stichwort additive Herstellungsverfahren) oder bei der Recyclingwirtschaft (Stichwort Smart Waste Management). Die Logistik der Kreislaufwirtschaft kann von digitalen Handlungsplattformen über Sortiertechnologien bis hin zu maschinenlesbaren Codes verbessert werden.

Die Anforderungen ressourcenschonend umzugehen, können mit neuen zirkulären Geschäftsmodellen umgesetzt werden. Bei Konzepten wie Sharing Economy oder Second-Hand-Vermarktung können digitale Plattformen die Organisation vereinfachen sowie die Transaktionskosten senken. Auch für die Informationstransparenz in Form eines digitalen Produktpasses ermöglicht es den Verbraucher:innen, ihre Entscheidungen ökologischer treffen zu können.

Berücksichtigen sollte man jedoch, dass die Digitalisierung auch eine Auswirkung auf die Umwelt hat. Durch höheren Energieverbrauch und die steigende Nachfrage an Rohstoffen werden vermehrt Treibhausgase produziert. Um die politischen Ziele der Klimaneutralität zu erreichen, wurden bereits einige Initiativen unternommen.

## Ergebnisse

Zusammen mit der internationalen Gemeinschaft darf Deutschland in den kommenden Jahren eine der größten Herausforderungen unserer Zeit bewältigen. Entscheidend für diese Aufgabe ist die Transformation unserer Wirtschaft zu einer klima- und ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft. Eine unverzichtbare Grundlage ist die Verbesserung und Optimierung von Prozessen und Geschäftsmodellen sowie ein zukunftsfähiges Niveau der Ressourcennutzung.

Daher ist es wichtig, dass Anreize für die ökologische als auch für die digitale Transformation gefördert werden und als einen Transformationspfad angesehen werden.

## Quellen:

Rat der Europäischen Union, (12/13.12.2019). Ein europäischer Grüner Deal. <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/green-deal/>

Schaller, Florian & Randhahn, Annette & Bösche, Eyk & Michelmann, Jakob. (2020). Kreislaufwirtschaft als Säule des EU Green Deal. 10.1007/978-3-662-62195-0\_13.

Von Kempis, F. (29.06.2022). Europäische Ökodesign-Verordnung für fast alle Produkte geplant <https://bdi.eu/artikel/news/europaeische-oekodesign-verordnung-fuer-fast-alle-produkte-geplant>

Wilts, Henning Berg, Holger. (2017). Digitale Kreislaufwirtschaft . 10.1007/978-3-662-62195-0\_13. <https://epub.wup-perinst.org/frontdoor/index/index/docId/6977>

Ellen MacArthur Foundation (2015). What is circular Economy? <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

## Circular Economy as a driver for sustainable corporate development

Jens Köhler (EDAG Engineering GmbH, Salzburg Management Business School)

### Introduction

Over the last couple of years, enterprises have been seeking to approach and implement circular models to their businesses methodically. Extending product life cycles; managing the waste as well as developing economy sustainability hand-in-hand with customers' needs, and building upwards towards secondary goods and products, are hot topics. In this context, the concept of the circular economy has emerged as a key approach in the transition to a more sustainable paradigm worldwide. While the traditional linear economy model (take – make – use – destroy) does not consider factors such as the impact on societal capitals (including human resources) and on the conservation of scarce resources, CE, on the other hand, offers an opportunity to optimize and promote sustainable production and consumption through new models, which are based on continuous growth. It considers factors that can reduce waste and monitor the consumption of resources more closely. Based on that, a huge amount of literature has come up from different disciplines that influence the knowledge of the circular economy. For instance, studies exist on the manufacturing, the construction or service concepts. With this in mind, this contribution aims to highlight the particular importance of the CE for the automotive industry, and secondly, the cycle-compatible "Kosel" mobility project is also to evaluate the impact of a reusable vehicle platform.

Topics, like electric motors, lightweight constructions or CO<sub>2</sub> emissions are only a small selection of key issues which influence the automotive industry, nowadays. On top of these objections, which are more or less technical challenges, is the factor of the sustainability of each development. Sustainability is more relevant than ever in the automotive sector. It has been selected as a buzzword for the twenty-first century. In addition, there is also the fact that the automotive branch is the most important branch of industry in terms of its turnover and is considered the growth en-

gine for Germany. The products of this industry influence our daily lives. On the one hand, many positive aspects like providing personal mobility are given top priority. On the other hand, challenges like local air quality in urban areas, global warming and increasing amounts of garbage must also be discussed.

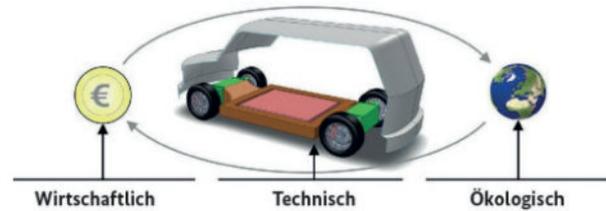


Fig. 1: The project aims of "KOSEL"

The extremely huge and ever-growing automotive sector, with a gross domestic product of 6.5 % of the European Union (revenue) and about 12 million employees in this area, leaves an unquestionable footprint on both the economy and the environment. Hence, it is obvious that secure supplies of raw materials are one of the most important points for manufacturers. The big goal for enterprises is therefore to forestall shortages.

During the development of the automotive sector, the geopolitical issues around raw materials and resource efficiency are equally being integrated at the EU level. The regulations have been enhanced continuously over the last years, which has resulted in cars being one of the most regulated products in the world over the last three decades. The regulations are justified, based on pollutants or carbon dioxide emissions during the usage. One reason for these laws are the levels of service expected by the customers. An example is the reduction of fuel consumption relative to the vehicle mass. The mass of a vehicle and the power have never stopped increasing since the 80's.

### Reusable vehicle platform

The KOSEL platform is designed with the focus on component durability and interchangeability. This is intended to reduce maintenance costs and achieve a longer life for the vehicle, especially the platform. The service life of the platform is decisive for the overall service life of the vehicle. This has been set at a min. of one million kilometers, which is equivalent to five times the amount of a current vehicle.

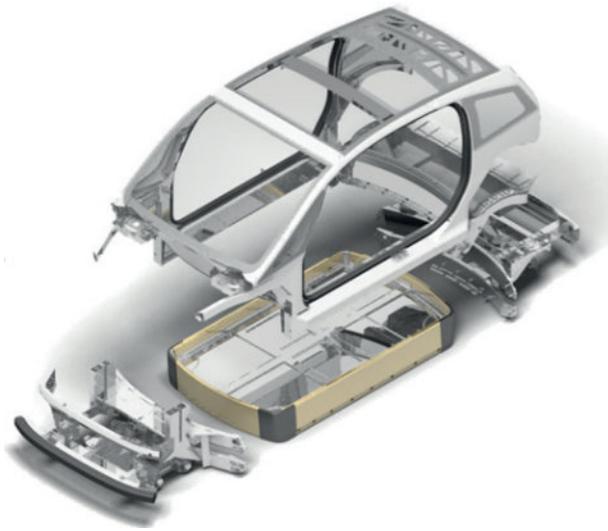


Fig. 2: Durable modules

The service life of the components is correspondingly up to 30 years. From the economic point of view, this identification of advantageous business models for fleet operation with new types of vehicles from recyclable modules is proof of cost savings potential compared to the classic model of business. In the ecological field, significant resource savings are to be demonstrated through remanufacturing and the reuse of complex vehicle modules.

## Results

The results of the project are manifold. Alongside the technical and economic findings, the ecological results are impressive. Through the design-approach (Design for Remanufacturing) the goal is to achieve significantly lower environmental impact compared to the conventional car design. For the ecological assessment the method of Life Cycle Assessment was defined. This way "calculating" is reliable and transparent. The comparative LCA considers the production, use and disposal (from the cradle to the grave) of three chassis for BEV, which are differentiated in scenarios A, B and C. Scenario A shows a KOSEL chassis made of aluminum with reprocessing. B differs from A mainly in that it is not reprocessed. Case C describes a product system of a comparable steel chassis with an average life cycle. It is estimated that for the production, predominantly primary raw materials are used. Through the reprocessing and extension of the life cycle in case A, emissions from re-manufacture (mining of raw materials, production of the preliminary products,

transport) can be avoided. The LCA shows that the project goals were achieved. For instance, the global warming potential could be reduced by 62%. The exact results are shown in the following table.

Umweltauswirkungen	A: KOSEL	B: Referenz 1: Leichtbau	C: Referenz 2: Stahlbau
Globales Erwärmungspotenzial in kg CO <sub>2</sub> eq	444,97	1166,76	1163,69
Schäden an Menschen in DALY	0,54	1,43	1,44
Umweltschäden in species years	1,58	4,19	4,68
Ressourcenverbrauch in USD	57,83	130,33	48,11

More details can be found on the official website of the project.

## Sources

Govindan, K., & Hasanagic, M. (2018). A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research*, 56: 1-2, 278 - 311.

Jesus, A. d., & Mendonça, S. (2018). Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. *Ecological Economics* 145; Page: 75 - 89.

Wellbrock, W., Ludin, D., Röhrle, L., & Gerstlberger, W. (2020). Sustainability in the automotive industry, importance of and impact on automobile interior- insights from an empirical survey. *International Journal of Corporate Responsibility* 5:10.

Orsato, R., & Wells, P. (2007). The Automobile Industry & Sustainability. *Journal of Cleaner Production* Vol. 15, Issues 11-12, 989 – 993.

Garcia, J., Millet, D., & Tonnelier, P. (2015). A tool to evaluate the impacts of an innovation on a product's recyclability rate by adopting a modular approach: Automotive sector application. *International Journal of Vehicle Design* (1); page: 1 - 18.

Hagelüken, C., Lee-Shin, J., Carpentier, A., & Heron, C. (2016). The EU Circular Economy and Its Relevance to Metal Recycling. *Recycling* 2016,1, page: 242 - 253.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., & Cluzel, F. (2017). Heavy vehicles on the road towards the circular economy. *Resources, Conservation and Recycling: Special Issue on the Circular Economy*.

ReziProK - KOSEL ([innovative-produktkreislaeufe.de](http://innovative-produktkreislaeufe.de)). access: 08/04/2023.

## Sustainable Corporate Culture Success Factors for the Optimization of Corporate Culture with a Focus on Sustainability within Corporations

Anna-Lena Hanschke, Franka Hottmann, Nike Scheer,  
Luca Swietlik, Kira Upfold (DHBW Stuttgart)

### Background and Relevance

Corporate culture has emerged as an essential aspect of successful organizations. In addition to economic contexts, corporate cultures are embedded in social and political contexts that influence them and with which they must contend. In particular, the growing importance of sustainability for business means that corporations need to focus more on sustainability. There are significant economic, social, and environmental benefits to be gained from this approach to sustainable business. In addition, stricter EU regulations and changing customer demands are driving corporations to restructure their operations. Corporations find themselves in a dynamic tension between the expectations of their environment (customers, suppliers, competitors, society) and the need to organize themselves internally in such a way that they can function effectively and meet their own demands. Successful implementation requires a corporate culture focused on sustainability. Corporate culture is of paramount importance to the success of corporate environmental management initiatives and the achievement of corporate sustainability.

Over the past six decades, human activities have significantly altered ecosystems faster and more widely than at any other time in human history. The business sector, recognized as a major contributor to environmental degradation, needs to take bold action and redefine its responsibilities to society. Furthermore, embedding strategy in the wider social and environmental context, and thereby creating a higher level of understanding of sustainability, is seen as a critical factor in a company's success. To tackle these challenges and achieve sustainable development, organizations need to establish ethical and sustainable standards within their corporate culture.

### Research Approach and Research Design

The purpose of this research project is to explore the success factors for optimizing corporate culture with a focus on sustainability within corporations. The research will be conducted through a qualitative empirical analysis divided into two main parts. The first part, which serves as a conceptual framework, provides the reader with a theoretical understanding of the topic, and thus forms the basis for the second part, which comprises the empirical analysis. From this, the following research questions have been derived:

1. What are success factors for a corporate culture focusing on sustainability?
2. How can the sustainable corporate culture within corporations be optimized?

The empirical and primary data collection is predicated on findings derived from explorative expert interviews. These expert interviews offer the advantage that the interviewees have a high degree of knowledge in the respective field, which can be easily determined through targeted questions. As previously stated in this article, the development of a sustainable corporate culture is influenced by numerous factors. Therefore, a comprehensive perspective on the topic can be obtained by directly gathering the experience and best practices of individuals, which can be effectively obtained through expert interviews.

The selected experts provide qualifications from the following backgrounds:

- Corporate Office Sustainability, Environment, Health, and Safety
- Circular Economy and Sustainability Management

### Objectives

The goal of this research is to explore the concept of sustainable corporate culture and its meaning and implications for organizations. By providing empirical evidence of success factors and best practices, the authors hope to contribute to the existing literature on sustainable corporate culture. Success factors for optimizing corporate culture with a focus on sustainability within the corporations will be identified and used as the basis for recommendations for action that can help corporations to improve their corporate culture in a sustainable manner.

## Results

At the time of writing, the results are not yet available as the research will be conducted over the next few months. The scope of the results is described in more detail in the section 'Objectives'.

## Sources

Fietz, B.; Günther, E. (2021). Changing Organizational Culture to Establish Sustainability. In: Controlling & Management Review, vol. 65, pp. 32-40.

Herget, J. (2023). Shaping Corporate Culture. For Sustainable Business Success. Berlin.

Romano, A.L.; Ferreira, L.M.D.F. (2023): How to transform sustainability practices into organizational benefits? The role of different cultural characteristics. In: Operations Management Research, vol. 16, pp. 192-208.

Homma, N.; Bauschke, R.; Hofmann, L. M. (2014): Einführung Unternehmenskultur. Grundlagen, Perspektiven, Konsequenzen. Wiesbaden.

Camilleri, M.A. (2017): Corporate sustainability and responsibility: creating value for business, society and the environment. In: Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility, vol. 2, pp. 59-74.

Wunder, T. (2019): Mindsets for Linking Strategy and Sustainability. Planetary Boundaries, Social Foundations, and Sustainable Strategizing. In: Wunder, T. (ed.): Rethinking Strategic Management. Sustainable Strategizing for Positive Impact. Cham.

## Erfolgsfaktoren nachhaltiger Unternehmenstransformation am Beispiel der Robert Bosch GmbH

Marc Kuhn (DHBW Stuttgart), Selina Strobel (DHBW Stuttgart, Robert Bosch GmbH, Toulouse School of Management)

### Ausgangssituation

Dynamische Markteinflüsse und Megatrends stellen Unternehmen zahlreicher Branchen vor komplexe Herausforderungen. Hierzu gehören globale Effekte wie rasanter technologischer Fortschritt, demographischer Wandel oder die Klimakrise. In der Automobilbranche verfolgen Unternehmen wie der Zulieferer Bosch Ziele einer verantwortungsvollen Gestaltung der Rohstoff- und Lieferketten, umweltschonenderer Produktionsprozesse und einer zukunftsorientierten Organisationskultur mit Chancengerechtigkeit und Vielfalt (Robert Bosch GmbH, 2022). Um Unternehmenstransformationen marktorientiert und erfolgreich zu gestalten, bietet die Marketingliteratur das Konzept des „Transformative Marketing“ (Kumar, 2018) an. Dieses beschreibt, wie Unternehmen auf disruptive Marktveränderungen mit nutzenstiftenden, kundenzentrierten Lösungen antworten und somit langfristigen Unternehmenserfolg sicherstellen können. Im Zuge eines zunehmenden Nachhaltigkeits-Fokus hat hierbei insbesondere das Sub-Konzept des „Transformative Green Marketing“ (Polonsky, 2011) an Bedeutung gewonnen. Bisher liegen jedoch noch zahlreiche Forschungslücken, unter anderem in Bezug auf Erfolgsstellhebel der Transformation sowie eine Konkretisierung für B2B-Unternehmen der Mobilitätsbranche wie der Robert Bosch GmbH, vor.

### Promotionsprojekt

Im Rahmen eines Promotionsprojektes zum Thema „Transformative Marketing“ in Kooperation zwischen dem Zentrum für Empirische Forschung (ZEF) der DHBW Stuttgart, der Toulouse School of Management sowie der Robert Bosch GmbH untersuchen wir, wie Unternehmen vor dem Hintergrund volatiler Veränderlichkeit eine nachhaltige Transformation verfolgen und somit Unternehmenserfolg sicherstellen können. Hierzu

wird zunächst das Business Ökosystem, welches die Einbettung von Unternehmen in ihr Marktumfeld beschreibt, als Kontext von Transformationen fokussiert. Darauffolgend liegt der Schwerpunkt auf dem Konzept des Transformative Marketing. Dies beinhaltet neben der Erforschung von Transformationstreibern wie klimatischen Veränderungen, Rohstoffkrisen und verändertem Kundenverhalten auch die Erforschung von Erfolgsfaktoren von Transformationen. Anschließend wird die bestehende Forschung mittels qualitativer Experteninterviews sowie einer quantitativen Studie um Spezifika des B2B-Kontexts sowie den Anwendungsbereich der Mobilitätsbranche erweitert. Abbildung 1 stellt die kumulative Vorgehensweise sowie zugehörige Fragestellungen und Methoden zusammenfassend dar:

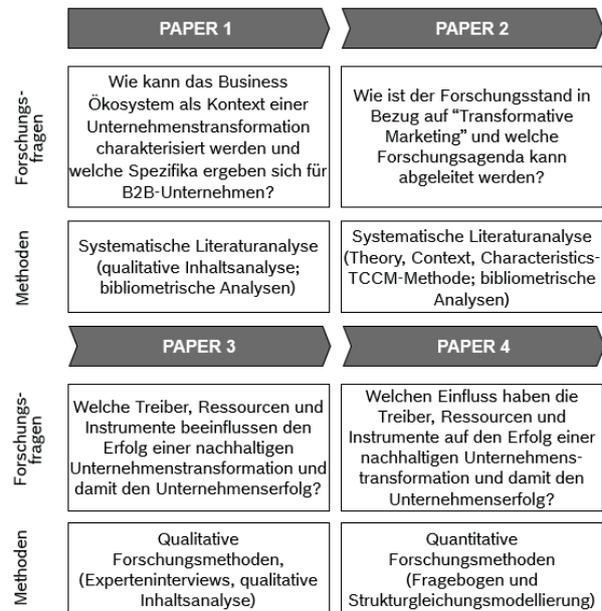


Abb. 1: Kumulative Vorgehensweise des Promotionsprojektes

### Zwischenergebnisse und Ausblick

Das erste Paper thematisiert das Business Ökosystems als Kontext von Unternehmenstransformationen. Durch eine bibliometrische Analyse von 68 Artikeln sowie eine qualitative Inhaltsanalyse von 19 Publikationen wurden zunächst die Verhaltensökonomie, die Theorie komplexer adaptiver Systeme und die ressourcenbasierte Sichtweise als theoretische Grundlagen identifiziert. Der Hauptbeitrag liegt in der Entwicklung eines Rahmenwerks zur Klassifizierung und Unterscheidung von Ökosystemen innerhalb einer Ökosystemlandschaft. Demnach besitzen 12 Ökosystem-Typen, welche wir in horizontale und

vertikale Arten unterscheiden, Partikularitäten in Bezug auf Unternehmenstransformationen. Die so ermöglichte Ökosystemintelligenz sehen wir als zentralen Erfolgsstellhebel. Zudem führen wir den Begriff der sogenannten „Forward-Backward-Integration“ ein, welcher die Position eines B2B-Unternehmens in der Wertschöpfungskette beschreibt, und leiten so Spezifika von B2B-Ökosystemen ab.

Die Ergebnisse des zweiten Papers wurden mittels einer bibliometrischen und einer Theories-Contexts-Characteristics-Methods (TCCM)-Analyse von 70 Artikeln ermittelt. Die Studie weist hinsichtlich theoretischer Fundierung des Transformative Marketing ebenfalls auf einen starken Ressourcenfokus hin. Zudem dominieren kunden-, markt- und transaktionsbasierte Theorien. Was den Kontext der bisherigen Forschung angeht, bestätigt sich ein starker Fokus auf B2C sowie die Regionen Europa und Nordamerika. Darüber stehen Sektoren wie Elektronik, Finanzen sowie Pharma im Mittelpunkt, während Mobilitätsmärkte vernachlässigt werden. Bei den Charakteristika liegt der Fokus auf unabhängigen Variablen des Transformationskontexts. Mediatoren beziehen sich meist auf einzelne Transformationsinstrumente, während holistische Modelle vernachlässigt werden. Die abhängigen Variablen konzentrieren sich auf Metriken des Unternehmenserfolges sowie der kundenbezogenen Performance, Erfolgsmetriken wie der Transformationserfolg jedoch sind untergeordnet. Der methodische Schwerpunkt liegt auf konzeptionellen Beiträgen. Zusammenfassend sehen wir daher notwendige künftige Forschungsschwerpunkte im Bereich B2B sowie generalisierenden Studien.

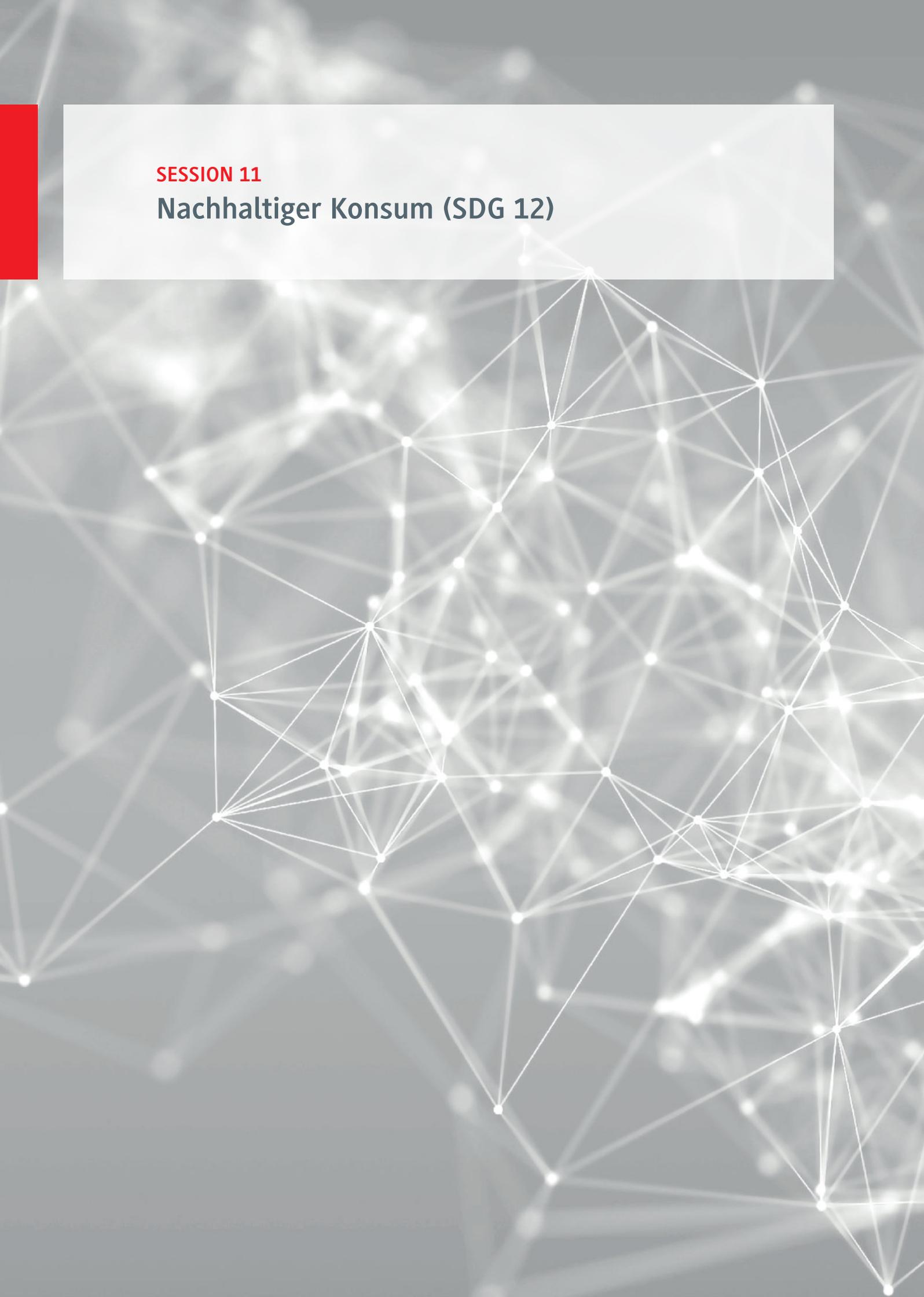
Die dritte, qualitative Studie des Projektes, welche im Frühjahr 2023 durchgeführt wird, beinhaltet die Identifikation von Transformationserfolgsk Faktoren in der Mobilitätsbranche. Beispiele könnten die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitselementen in der Kommunikation, dem Produktdesign oder der Unternehmensführung sein. Auch die Berücksichtigung von ESG-Kriterien, welche Unternehmen hinsichtlich Umwelt (Environmental), Soziales (Social) und verantwortungsvolle Unternehmensführung (Governance) bewerten, können Erfolgsvariablen beeinflussen. Unsere vorläufigen Ergebnisse zeigen zudem, dass der Transforma-

tionserfolg maßgeblich durch Unternehmensressourcen beeinflusst wird. Wir schlagen deshalb die Einführung eines „Transformative Resource Gaps (TRG)“ vor, welches die Differenz aus erforderlichen und vorhandenen Transformationsressourcen als Erfolgsvoraussetzung thematisiert.

Innerhalb des vierten Papers soll das erläuterte Rahmenwerk mittels Strukturgleichungsmodellierung empirisch getestet und evaluiert werden. Basierend auf den identifizierten Treibern des dritten Beitrags wird die Studie zu einem empirisch validierten Rahmen für den Transformationserfolg in B2B-Mobilitätsökosystemen führen. Es soll somit als Grundlage für das Verständnis von Erfolgsfaktoren nachhaltiger Unternehmenstransformation dienen und Mobilitätsunternehmen wie Bosch den Weg zu erfolgreicher Veränderung ebnen.

## Quellen

- Robert Bosch GmbH (2022): Nachhaltigkeitsbericht 2021.
- Kumar, V. (2018). Transformative Marketing: The Next 20 Years. *Journal of Marketing*, 82(4), 1–12.
- Polonsky, M. J. (2011). Transformative green marketing: Impediments and opportunities. *Journal of Business Research*, 64(12), 1311–1319.



**SESSION 11**

**Nachhaltiger Konsum (SDG 12)**

**12** NACHHALTIGE/R  
KONSUM  
UND PRODUKTION



## Preis der Nachhaltigkeit im Automotive-Bereich – Zahlungsbereitschaft und Präferenzen der Kunden

Christian Vranckx (DHBW Mannheim), Jonas Senske (Mercedes-Benz Management Consulting)

### Ausgangssituation

Das Thema Nachhaltigkeit beschäftigt Gesellschaft, Politik und Wirtschaft gleichermaßen. In sämtlichen Lebensbereichen wird ein nachhaltiger Umgang mit unseren Ressourcen angestrebt. Auch in der Automobilindustrie ist die Nachhaltigkeit ein strategischer Eckpfeiler globaler Automobilkonzerne, Zulieferer und Händler. Die Bestrebungen erstrecken sich von nachhaltiger Produktion und Transport bis hin zur nachhaltigen Gestaltung der Fahrzeuge. Dabei enden die Bestrebungen nicht mit der Nutzung alternativer Antriebstechnologien, sondern gehen darüber hinaus. Für das Exterieur werden z.B. Lackierungen mit Zusatz von recycelten Materialien angeboten. Im Interieur kann der Kunde den veganen Innenraum oder die Nutzung von Meeresplastik wählen. Und auch das Thema „Software und Fahrassistenz“ leistet z.B. durch energiesparende Fahrprogramme oder Routenvorschläge seinen Beitrag zur Nachhaltigkeit. Das Angebot hin zu nachhaltigeren Autos ist also bereits in der Entstehung und wird weiter ausgebaut.

Unklar und bislang nicht erforscht ist jedoch, welche dieser Nachhaltigkeitselemente von Kunden wie gewichtet werden und welche Zahlung sie hierfür zu leisten bereit wären.

### Projekt

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt von Mitarbeitern und Studierenden der DHBW wurde eine Umfrage durchgeführt, die folgende Fragen klären sollte:

- Welche Kundengruppen interessieren sich für welche nachhaltigen Fahrzeugelemente?
- Wie hoch ist ihre Zahlungsbereitschaft?
- Welche Implikationen ergeben sich daraus für die Automobilindustrie?

Um die Zielgruppe besser zu verstehen, wurden potenzielle Nutzerinnen und Nutzer zu den per-

sönlichen Einstellungsmerkmalen wie z.B. Umweltbewusstsein oder der Innovationsneigung, aber auch zur Präferenz und Zahlungsbereitschaft für vorkonfigurierte Fahrzeuge mit nachhaltigen Produktelementen unterschiedlicher Marken befragt.

Insgesamt haben über 60% der Befragten ein Interesse an nachhaltigen Produktelementen in ihrem Auto. Dabei geht es nicht nur um den Antrieb, sondern auch um Elemente des Interieurs, Exterieurs und der Software. Somit besteht aus Sicht der Automobilindustrie ein interessanter Markt, welcher durch weitere Angebote und Ent-

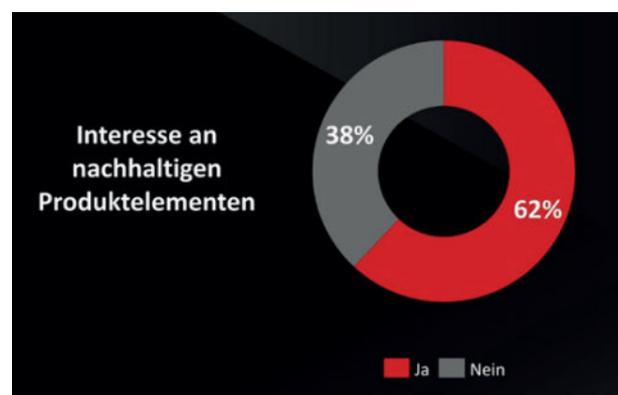


Abb. 1

wicklungen bedient werden kann und muss.

Besonders interessant ist, dass die Kunden bereit sind, mehr für nachhaltige Produktelemente zu zahlen. Die Bereitschaft steigt mit der empfundenen Relevanz hierfür. Am größten ist die Bereitschaft einen Aufpreis zu zahlen für den Antrieb (+10,6%) und die Software (+3,9%). Aber auch für Exterieur (+2,2%) und Interieur (+1,2%) würden die Befragten mehr zahlen. Auf den ersten Blick wäre ein Fokus auf den Antrieb somit für die Automobilindustrie logisch. Allerdings priorisieren lediglich 47% einen nachhaltigen Antrieb vor dem Exterieur, Interieur oder der Software. Mit anderen Worten: Nur ein gesamthaftes Angebot und die Entwicklung hin zum nachhaltigen Fahrzeug in Summe führt auch zu einer langfristigen Befriedigung der Kundenbedürfnisse und zum Erfolg der Branche.

Die Studie zeigt auch, dass es wichtige demographische und einstellungsbezogene Unterschiede in der Präferenz gibt. Menschen in städtischen Gebieten, Frauen und Kunden, die bereits einen alternativen Antrieb nutzen, haben ein stärkeres Interesse an nachhaltigen Produktelementen in

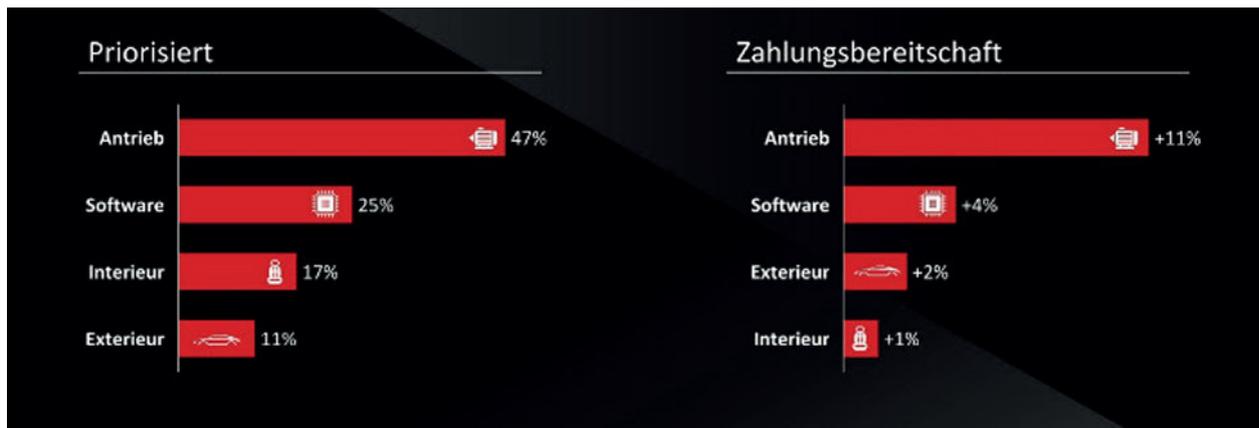


Abb. 2

ihren Fahrzeugen. Umweltsorge und Technologieaffinität sind Faktoren, die das Interesse noch verstärken.

### Ergebnisse

Für die Automobilhersteller, -händler und -häuser ergeben sich drei Kernimplikationen in Bezug auf nachhaltige Produktelemente im Auto:

1. Gesamthaft: Zukünftige Fahrzeugentwicklung muss nachhaltige Produktelemente beinhalten, die über den Antrieb hinaus gehen.
2. Kundenorientiert: Demographische und einstellungsbezogene Unterschiede in der Präferenz bedingen eine zielgruppenspezifische Ansprache und Positionierung der Produkte.
3. Erweitert: Zusatzkonfigurationen mit nachhaltigen Elementen in unterschiedlichen Kategorien können helfen, die erreichbare Zahlungsbereitschaft für jeden individuell zu erreichen.

Zusammenfassend stellen nachhaltige Produktelemente im Auto eine Erweiterung des Angebots dar, welches sowohl von den Kunden gewünscht als auch von verschiedenen Anbietern bereits vertrieben wird. Studien und Befragungen zeigen, dass die Nachfrage für nachhaltige Produktelemente bei den Kunden weiter steigen wird und ein Differenzierungsfaktor sind.

Somit sollten sich potenzielle Anbieter jetzt die Frage stellen, ob und in welchem Umfang eine Erweiterung der Produktpalette, gepaart mit entsprechendem Vertrieb an die jeweiligen Zielgruppen, ausreichend priorisiert auf der eigenen Agenda steht. Mehrkosten können durch Preisaufschläge weitergegeben werden, müssen allerdings dennoch gesamthaft betrachtet werden.



Abb. 3

## Können soziale Vergleiche und moralische Appelle die Nutzung klimafreundlicher Verkehrsmittel erhöhen?

Die Ergebnisse eines Feldexperiments im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsbudgets

Johannes Gessner, Wolfgang Habla, Ulrich Wagner  
(Universität Mannheim)

### Ausgangssituation

Die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor ist nicht nur gesellschaftlich wünschenswert und erforderlich, sondern auch Ziel vieler Unternehmen, die ihre Emissionen senken oder gar CO<sub>2</sub>-neutral werden wollen. Dabei erfordern Emissionsminderungen in diesem Sektor u.a. eine grundlegende Veränderung der Art und Weise, wie Unternehmen Mobilitätsoptionen für ihre Mitarbeiter/innen anbieten. In Deutschland sind bisher Firmenwagen sehr verbreitet, v.a. aufgrund des damit einhergehenden Statusgewinns und der steuerlichen Privilegierung gegenüber Privatautos. Dies hat dazu geführt, dass Unternehmen oft sehr große Firmenwagenflotten betreiben. Laut einer Umfrage von Kantar/Arval Mobility Observatory (2020) erwägen 30 Prozent der Unternehmen innerhalb der EU, die über Firmenwagen verfügen, die Einführung eines sog. Mobilitätsbudgets als Alternative zum Firmenwagen (oder haben dies bereits umgesetzt). Ein Mobilitätsbudget stellt den Mitarbeitern/-innen monatlich oder jährlich einen bestimmten Betrag zur Verfügung, der für die private Nutzung verschiedener Verkehrsmittel ausgegeben werden darf. Um als echte Alternative zum Firmenwagen wahrgenommen zu werden, erlauben solche Budgets oft die Nutzung autobasierter Mobilitätsdienstleistungen, z.B. in Form von Carsharing-Angeboten, Taxi- oder UBER Fahrten. Vor dem Hintergrund der angestrebten Senkung mobilitätsbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen im Unternehmen ist dies problematisch, denn das Mobilitätsbudget reduziert CO<sub>2</sub>-Emissionen nur dann, wenn die Mitarbeiter/innen vermehrt auf klimafreundliche Verkehrsmittel umsteigen. Innerhalb des Mobilitätsbudgets ist es Unternehmen nur begrenzt möglich, finanzielle Anreize für einen Umstieg auf klimafreundliche Verkehrsmittel zu setzen, wenn sie der Attrakti-

vität des Angebots gegenüber dem Firmenwagen nicht schaden wollen. Stattdessen bieten sich hier sog. „Nudges“ an, also Interventionen, die auf verhaltensökonomischen Erkenntnissen aufbauen und auf eine Änderung der ökonomischen Anreize verzichten.

### Projektdurchführung

In Gessner et al. (2023) beschreiben wir die Durchführung und die Ergebnisse eines randomisierten Feldexperiments, das in Zusammenarbeit mit einem multinationalen Unternehmen (und dualen Partner der DHBW) entstand. Das Experiment hatte zum Ziel, die Effektivität zweier Nudges zu testen, die darauf ausgerichtet waren, die ca. 350 Teilnehmer/innen eines Mobilitätsbudgets zu klimafreundlicherem Mobilitätsverhalten zu bewegen. Bei dem ersten im Experiment verwendeten Nudge handelt es sich um einen sogenannten sozialen Vergleich, der die individuelle Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel des Teilnehmers oder der Teilnehmerin, gemessen an den Ausgaben, mit dem durchschnittlichen Nutzungsverhalten ähnlicher Teilnehmer/innen kontrastiert. Für den zweiten Nudge wurde dieser soziale Vergleich um einen moralischen Appell ergänzt. Der moralische Appell bestand aus drei Teilen: 1) der Feststellung, dass ein Kilometer, der mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt wird, im Durchschnitt nur 20 bis 60 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht, die entstehen würden, falls dieser Kilometer mit dem Auto zurückgelegt worden wäre; 2) der Information, dass sofortige und groß angelegte Maßnahmen erforderlich sind, um den Klimawandel zu bremsen; und 3) dem Appell, öffentliche Verkehrsmittel sowie andere Verkehrsmittel mit vergleichsweise geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen so oft wie möglich zu nutzen, um dem Klimawandel Einhalt zu gebieten.

Das experimentelle Design bestand aus einer Kontrollgruppe und den beiden „Treatment“-Gruppen (einmal der soziale Vergleich, einmal der moralische Appell in Verbindung mit dem sozialen Vergleich). Alle drei Gruppen erhielten Emails in vierzehntägigem Abstand. Die Kontrollgruppe erhielt dabei ebenfalls Emails, allerdings nur mit sehr allgemeinen Informationen zum Mobilitätsbudget. Dadurch konnte ausgeschlossen werden, dass eine Email mit der Erinnerung an die Teilnahme am Mobilitätsbudget bereits zu veränder-

tem Nutzungsverhalten führt. Die Emails wurden im Zeitraum November bis Dezember 2021 verschickt. Daten zum individuellen Nutzungsverhalten verschiedener Verkehrsmittel lagen für die Teilnehmer/innen der Studie von April 2021 bis Ende März 2022 vor. Alle Teilnehmer/innen des Mobilitätsbudgets erhielten vom Unternehmen ein jährliches Budget von €1.400-2.400, je nach Beschäftigungsgrad (Teilzeit vs. Vollzeit).

### Ergebnisse

Es zeigte sich, dass beide Interventionen die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel (im Sinne von Ausgaben) in der Gesamtstichprobe nicht erhöhen konnten. Eine Ausnahme bilden hier diejenigen Nutzern/-innen, die zuvor einen geringeren Anteil ihrer Mobilitätsausgaben für öffentliche Verkehrsmittel verwendet hatten als der Median. Für diese Gruppe betont der soziale Vergleich eine stärkere Abweichung des individuellen Verhaltens von der sozialen Norm, was dessen gesteigerte Effektivität erklären könnte.

Der soziale Vergleich in Isolation hatte ebenfalls keine signifikante Änderung der Ausgaben für Mikromobilität oder autobasierte Verkehrsmittel in der Gesamtstichprobe zur Folge. Hingegen konnte der soziale Vergleich in Kombination mit dem beschriebenen moralischen Appell die Nutzung von autobasierten Dienstleistungen wie Carsharing, Taxi- oder UBER-Fahrten sowie Mietwagen in der Gesamtstichprobe um 38 Prozent senken. Gleichzeitig steigerte diese Intervention die Ausgaben für Mikromobilität, also z.B. für Bikesharing und E-Scooter, um 44 Prozent.

In Übereinstimmung mit bisherigen Studien finden wir, dass soziale Vergleiche im Mobilitätsbereich keine signifikante Verhaltensänderung hin zur Nutzung nachhaltigerer Mobilitätswerkzeuge herbeiführen. In Verbindung mit einer moralischen Komponente können solche Vergleiche aber auch im Verkehrsbereich eine starke Verhaltensänderung bewirken. Allerdings waren die beobachteten Effekte recht kurzlebig und klangen bereits in den zwei Monaten nach Ende der Intervention vollständig ab. Eine längerfristige Verhaltensanpassung bedürfte womöglich einer kontinuierlichen Intervention, in der E-Mails in sehr kurzen Abständen versendet werden. Ob eine solche Intervention auf Dauer wirkungsvoll

wäre, bleibt fraglich.

Dass bei beiden Interventionen im Aggregat keine Effekte auf die Nutzung des öffentlichen Verkehrs festzustellen waren, kann u.a. daran liegen, dass die Intervention zeitlich mit einer neuen Welle der COVID-19-Pandemie zusammenfiel und öffentliche Verkehrsmittel daher weitgehend gemieden wurden.

Des Weiteren ist eine anhaltende Verhaltensänderung im Bereich Mobilität gerade im Vergleich zu ähnlichen Nudges beispielsweise im Bereich des privaten Energieverbrauchs wahrscheinlich schwerer zu erreichen, weil im Rahmen eines Mobilitätsbudgets alle Optionen, insbesondere auch autobasierte Mobilität, nach wie vor jedes Mal aufs Neue gewählt werden können und kein/e Teilnehmer/in sich dauerhaft auf ein umweltfreundliches Verkehrsmittel festlegen muss. Im Bereich des privaten Energieverbrauchs ist hingegen durch den einmaligen Wechsel auf energieeffizientere Haushaltsgeräte eine anhaltende Verbrauchssenkung leichter vorstellbar.

### Quellen

Gessner, J., Habla, W., & Wagner, U. J. (2023). Can Social Comparisons and Moral Appeals Increase Public Transport Ridership and Decrease Car Use?. ZEW Discussion Paper No. 23-003.

Kantar/Arval Mobility Observatory (2020). "2020 Fleet Barometer".

## Innovatives Event Monitoring für nachhaltige Veranstaltungen

Hans-Dieter Wehle (Steinbeis Transferzentrum Industrielle Digitalisierung)

### Ausgangssituation

Das Thema der Nachhaltigkeit ist vielschichtig und komplex, die UNO Agenda 2030 umfasst z.B. 17 Ziele für die nachhaltige Entwicklung [2]. Ein beherrschendes Thema im Kontext der Nachhaltigkeit ist dabei der Klimawandel und inwieweit die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die diesen verursachen, mittel- und langfristig reduziert werden können.

Dieser Sachverhalt hat in uns die Idee geboren, für den Bereich des Eventmanagements, d.h. der Organisation und Durchführung von Veranstaltungen, eine wissenschaftliche Untersuchung durchzuführen, im Hinblick auf den Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Emissionen (kg-CO<sub>2</sub>e). Voraussetzung hierfür ist ein Monitoring (der Events), wie es bereits im aktuell novellierten Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg vorgesehen ist [2].

### Zentrale Forschungsfrage

Die primäre Forschungsfrage ist, inwieweit regionale Veranstaltungen in Baden-Württemberg so quantitativ beschrieben werden können, dass sich daraus die entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen ausreichend korrekt errechnen lassen.

### Ziele des Vorhabens

Das erste Ziel ist das Monitoring von regionalen Events in Baden-Württemberg, z.B. Messen, Ausstellungen und Konzerten, um daraus - anhand der einschlägigen Studien und Berechnungsmodellen - die möglichen CO<sub>2</sub>-Emissionen abzuleiten.

Das zweite Ziel ist - basierend auf den obigen Datengrundlagen - die Entwicklung von Angebotsalternativen, insbesondere in den Bereichen der Verkehrsmobilität und des Caterings, in Abstimmung mit den Führungs- und Leitungskräften der betreffenden Kommunen und Unternehmen, die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei Veranstaltungen umzusetzen.

### Projektdurchführung

Im Oktober 2022 haben wir mit dem Vorhaben begonnen und im ersten Schritt mussten wir uns für eine Operation und Development Infrastruktur entscheiden. Wir haben uns für eine Cloud-Infrastruktur entschieden und als Softwarearchitektur nutzen wir die Cloud Computing Referenz Architecture [3]. Im Wesentlichen haben wir folgende Architekturen als Referenz benutzt:

- Datenarchitektur
- Lösungsarchitektur
- Sicherheitsarchitektur

#### Datenarchitektur

Auf Grund der unterschiedlich zu erwartenden Datenformate, benutzen wir ein Data Lake (MongoDB), da die Daten formbar sein müssen, um sie flexibel für unterschiedlichsten Zwecke einzusetzen. Des Weiteren haben wir einen eigenen Integration Service (Service-Broker) für Daten und Cloud Services entwickelt, welcher auf dem Ansatz des Open Service Broker [4] basiert.

#### Datenerhebung

Grundsätzlich unterscheiden wir on-site (mobile) und Online-Datenerhebung. Wir erfassen quantitative und qualitative Daten. Für die qualitative Methode werden Einzelinterviews, standardisierte Fragebögen und Beobachtungen eingesetzt.

Für die quantitative Methoden nutzen wir Messungen und für die statische Daten greifen wir auf Data Provider Plattformen zu. Zum Beispiel werden die Emissionsfaktoren durch öffentlich zugängliche Data APIs von [www.climatiq.io](http://www.climatiq.io) bereitgestellt.

#### Lösungsarchitektur

Unsere Event-Lösungsarchitektur orientiert sich neben einer durchgehenden Datensouveränität und an der Bereitstellung von Mehrwertdiensten

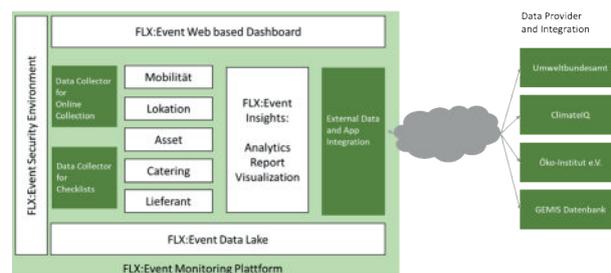


Abb. 1: Lösungsarchitektur

wie Analytik, Visualisierung, Reporting, einer zentralen Datensicht- und Kontrollinstanz.

Die Daten werden mit R (Stats Packages) interpretiert. Wir nutzen deskriptive Statistiken (Lageparameter, Streuungsparameter, statistische Visualisierung etc.).

### Sicherheitsarchitektur

Die Sicherheitsarchitektur ist ein zentraler Punkt in unserem kompletten Lösungsdesign und Entwicklungsprozess. Wir implementierten unterschiedliche Technologien, wie Verschlüsselung, Tokenisierung, Firewalls.

### Selektive Ergebnisse

Seit Februar 2023 haben wir für unterschiedliche Eventkategorien Kultur, Sport und Konferenzen mit der Datenerhebung begonnen und das Event Monitoring durchgeführt.

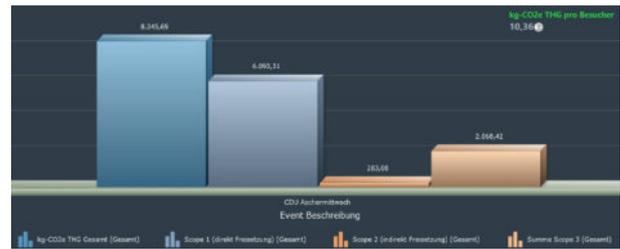
Aktuell haben wir 12 Lokationen, mit 14 Events, 26 Lieferanten und mehr als 10.000 Besucher erfasst.

### Event (Konferenz) mit ca. 1.200 Besucher



Insgesamt wurden 7.345,69 kg-CO<sub>2</sub>e THG durch diesen Event generiert, davon entfielen 6.614,63 kg-CO<sub>2</sub>e auf die Verkehrsmittel. Die Verbrenner mit 68 % hatten hiervon den größten Anteil.

### Event Scope Analyse



Scope 1: umfasst die direkte Freisetzung klimaschädlicher Gase.

Scope 2: umfasst die indirekte Freisetzung klimaschädlicher Gase durch Energielieferanten.

Scope 3: umfasst die indirekte Freisetzung klimaschädlicher Gase in der vor- und nachgelagerten Lieferkette.

### Quellen

[1] „Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development“, <https://sdgs.un.org/2030agenda>, Einsichtnahme 10, 2022

[2] Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg, <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-bw/klimaschutz-und-klimawandelanpassungsgesetz-baden-wuerttemberg>, Einsichtnahme 3.2.2023

[3] IBM Cloud Computing Reference Architecture, [https://cloud.report/Resources/Whitepapers/3f9acb87-453f-4d0e-a399-a1b287d0d0b0\\_68.pdf](https://cloud.report/Resources/Whitepapers/3f9acb87-453f-4d0e-a399-a1b287d0d0b0_68.pdf), Einsichtnahme 10, 2022

[4] Open Service Broker API, <https://www.openservicebrokerapi.org/>

## A Stakeholder's Perspective on Greening the Tourism Curriculum: A Comparative Analysis of Trinidad and Tobago, Germany (Baden-Württemberg) and Botswana in a Post COVID-19 Context

Tenisha Brown-Williams (The University of the West Indies, Trinidad and Tobago), Oliver Chikuta (University of Botswana, Botswana), Wendy Fehlner (DHBW Lörrach), Acolla Lewis-Cameron (The University of the West Indies, Trinidad and Tobago)

### Context

The tourism industry has undergone significant changes since the establishment of the first academic programs in tourism 60 years ago. This transformation is due to a variety of megatrends, including pandemics, increased migration, climate change, and rapid technological developments. Concerned voices from the industry, academia, and the public have called for a more sustainable approach to tourism business. Issues such as destination overcrowding, economic exploitation, and resource depletion have been discussed for decades. Recently, attention has shifted to the environmental impacts of tourism, particularly climate change and ecosystem destruction. The effective management of the tourism industry plays a critical role in addressing these issues. Alignment with the UN Sustainable Development Goals is essential to leverage tourism's vast potential for social and environmental transformation.

The role of higher education in addressing climate change in the tourism field is undisputed. This includes engaging with the public and the industry, as well as incorporating climate-related content into the curriculum. Reshaping the curriculum to focus on environmentally responsible practices is seen as crucial for producing informed and competent graduates. This research advocates an approach that puts sustainability at the forefront of tourism education to ensure a more sustainable future for the industry.

### Project Objectives

The COVID-19 pandemic has resulted in an upsurge in consumer demand for sustainable tra-

vel experiences and services globally, yet finding authentic options in popular tourist destinations remains a challenge.

Research indicates that suppliers of tourism products and services lack the expertise and skills to develop sustainable options which has been linked to inadequacies in current tourism education programs.

Against this backdrop, this paper seeks to understand how tourism education can contribute to the growth of sustainable tourism experiences and services within the tourism sector.

More specifically, the paper aims to determine the content and competencies to be included in the tourism curriculum to prepare a global tourism graduate to contribute to the development of sustainable tourism initiatives effectively and also support industry stakeholders in achieving the principles of sustainability within their operations.

Of particular interest is a comparative analysis of the findings across the three countries in the three different regions involved in the study.

### Method

The paper draws perspectives from industry stakeholders from three regions - Germany, Africa, and the Caribbean. Specifically, the regions involved in the study are Botswana, Trinidad and Tobago and Baden-Württemberg in Germany. These countries were chosen because of the significance of the tourism industry for the respective economies and the availability of tourism programs subsequently being offered. The research methodology employed self-administered online surveys to various tourism stakeholders.



Figure 1: Maracas Beach, Trinidad

Specifically, three different questionnaires were designed for (1) industry professionals, (2) tourism educators and (3) tourism students. Altogether 210 responses were collected: 40 students, 10 educators and 20 tourism professionals (including NGOs) per region.



Figure 2: Okavango, Botswana

The questionnaires elicited demographic information, understandings of green tourism, and opinions on pertinent content for tourism curricula. Additionally, educators were asked for their perspectives on effective methods for teaching sustainability content in tourism programs.



Figure 3: Black Forest, Germany

## Findings

Preliminary findings from the comparative analysis reveal several tendencies. Although all stakeholders agreed that sustainable/green tourism education plays a crucial role in greening the tourism sector, all likewise strongly agreed that the current tourism curriculum inadequately addressed these issues.

The most important content for inclusion in a green curriculum was seen as raising environmental consciousness (i.e., the knowledge regarding impact of human actions), waste management, energy conservation, biodiversity conservation, entrepreneurship, cultural and heritage preservation as well as social justice (i.e., diversity, equity

and inclusion).

Competencies ranked highest with regard to increasing the employability of tourism graduates were seen as communication, customer service, critical thinking, problem solving, and collaboration/teamwork.

Interestingly, although lectures were seen as the least effective method for teaching green content across all stakeholders, this was the most frequently employed teaching method. There was a general consensus that the most effective teaching approaches were: Problem-based (student-centred) learning, field trips/educational tours, and interaction with industry experts.

Differences in responses across the three regions is the subject of a more detailed analysis.

## Sources

Bowan, D. and Dallam, G., 2020. Building bridges: overview of an international sustainable tourism education model. *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, [e-journal] 20(3), pp. 202–215. <http://dx.doi.org/10.1080/15313220.2020.1797609>

Lewis-Cameron, A., 2015. Rethinking Caribbean tourism education. In: P. J. Sheldon, and C. H. C. Hsu, eds. 2015. *Tourism education. Global issues and trends*. United Kingdom: Emerald Publishing.

Casalino, N., Giuliana, P., Borin, B. and Cavallini, S., 2019. Awareness and cooperation of relevant stakeholders by improving a curriculum for SMEs sustainability and increasing competences related to green tourism. [e-book]. <https://drive.google.com/file/d/1wbzqra4mtjuf-roibu1jr6np7bfyd281/view>

## Resilienzkonzept für Destinationen – Post-Corona-Strategien in der Nationalparkregion Schwarzwald / Deutschland

Conny Mayer-Bonde (DHBW Ravensburg), Patrick Schreib (Hochschwarzwald GmbH), Henrike Zimmer (Drees & Sommer)

### Ausgangssituation

Die Pandemie Covid 19 und der Klimawandel stellen Tourismusdestinationen auf der ganzen Welt derzeit vor große Herausforderungen. Hinzu kommen vielfältige Krisen und Bedrohungsszenarien wie politische Instabilität, Kriege, Wirtschafts- und Finanzkrisen, Energieknappheit oder Terrorismus. Um diesen Herausforderungen erfolgreich begegnen zu können, müssen sich Reiseziele widerstandsfähig und zukunftssicher aufstellen. In Kooperation mit der Nationalparkregion Schwarzwald GmbH hat die DHBW Ravensburg im Rahmen eines Forschungsprojektes unter Anwendung der Szenariotechnik ein Resilienzkonzept entwickelt, welche die Tourismusregion zukunftsfähig aufstellt. Das Projekt wurde im Rahmen des Brückenprogramms Touristik von Baden-Württemberg gefördert.

### Projektdurchführung

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden zunächst verschiedene Resilienzkonzepte und -theorien untersucht und verglichen. Der Fokus lag dabei auf dem Resilienzkonzept für Tourismusdestinationen nach Cahyanto und Pennington-Gray (2017). Dieses diente als Grundlage für die Arbeit in der Nationalparkregion Schwarzwald. Um das Resilienzkonzept für Destinationen zu entwerfen, wurde zunächst die touristische Ausgangssituation in der Nationalparkregion Schwarzwald erfasst. Es lassen sich drei Hauptrisiken für den Tourismus in der Region identifizieren: (1) die Pandemie Covid 19, (2) der Klimawandel und (3) die politischen Entwicklungen.

Unter Berücksichtigung der drei Krisenfelder wurden gemeinsam mit Vertreter\*innen der Nationalparkregion und den Mitarbeiter\*innen der DMO (Kerngruppe) in einem Workshop die möglichen Entwicklungen des Tourismus bis ins Jahr 2050 diskutiert. Die unterschiedlichen Entwicklungen

wurden schließlich in Form von Best-Case-, Worst-Case- und einem wahrscheinlichen Szenario zusammengefasst und visualisiert. In einem weiteren Workshop mit der Kerngruppe und weiteren Akteur\*innen aus der Nationalparkregion konnten schließlich konkrete Strategien und Maßnahmen entwickelt werden, die darauf abzielten, das Eintreten des Worst-Case-Szenarios zu vermeiden und das Eintreten des Best-Case-Szenarios herbeizuführen.

Die Ausgestaltung und Visualisierung verschiedener möglicher Zukünfte für den Tourismus in der Nationalparkregion Schwarzwald hat die Dringlichkeit sich mit Risiken und Herausforderungen schon heute aktiv zu beschäftigen verdeutlicht.

Der Klimawandel und damit verbundene Extremwetterereignisse wie Starkregen und Sturm beeinträchtigen touristisch genutzte Wander- und Radwege stark. Um das Eintreten des Worst-Case-Szenarios zu vermeiden und das Best-Case-Szenario herbeizuführen, wurden schließlich beispielsweise Strategien zur Steigerung der Resilienz erarbeitet. Insgesamt konnten fünf Strategien mit besonders hoher Bedeutung konkretisiert werden: (1) Die Stärkung von Kommunikation und Kooperation, (2) das Erzielen von finanzieller Unabhängigkeit und Sicherheit, (3) das Anstreben eines „balanced tourism“, (4) die Steigerung der Lebensqualität für Gäste und Einheimische gleichermaßen (5) sowie die Weiterentwicklung einer barrierefreien und nachhaltigen Infrastruktur.

Für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Strategien konnten schließlich konkrete Maßnahmen erarbeitet werden. Beispielsweise soll im Bereich „Kommunikation und Kooperation“ ein Krisenstab einberufen werden, welcher Leitfäden und Notfallpläne für Krisenereignisse entwickelt und

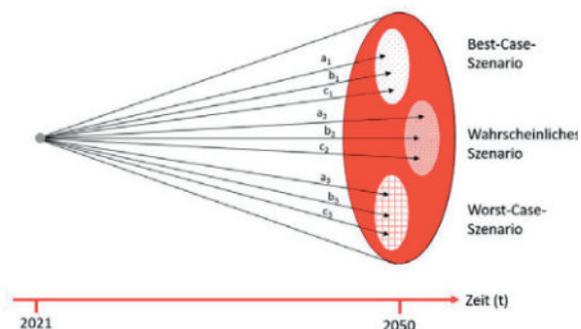


Abb. 1: Abbildung 1: Der Szenariotrichter für die Nationalparkregion Schwarzwald (Quelle: eigene Darstellung 2021).



Abb. 2: Resilienzkonzept der Nationalparkregion eigene Darstellung in Anlehnung an Cahyanto und Pennington-Gray (2017)

den konstruktiven Umgang mit Wandel in der Region fördert. Im Bereich des „balanced tourism“ werden für Besucher\*innen digitale Informationspunkte geschaffen, die in Echtzeit über das aktuelle Besuchsaufkommen an bestimmten Orten informieren. Zudem werden die Social-Media-Kanäle weiter ausgebaut, um den Besucher\*innen nicht nur die Attraktivität des Nationalparks, sondern auch die der umliegenden Gemeinden vorzustellen. Die Umsetzung der Maßnahmen hat im Rahmen des Projektes teilweise schon begonnen und wird von der Nationalparkregion weiter fortgesetzt.

Das abschließende Konzept für die Nationalparkregion Schwarzwald basiert auf dem Resilienzkonzept für Tourismusdestinationen nach Cahyanto und Pennington-Gray (2017). Demzufolge werden vier verschiedene Ressourcenbereiche als Basis benötigt.

### Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde das Thema Resilienz auf Destinationsebene umfassend analysiert und konzeptualisiert. Die Anwendung der Szenariotechnik hat sich als Analysemethode bewährt und kann auch für andere Destinationen eine Unterstützung sein, sich in Zukunft mit dem Thema Resilienz auseinanderzusetzen. Es wurden Strategien für die National-

parkregion Schwarzwald und ihre Akteure entwickelt. Durch die Definition und Priorisierung konkreter Maßnahmen wurden der Nationalparkregion greifbare Ansatzpunkte an die Hand gegeben, um für zukünftige Herausforderungen gerüstet zu sein. Das entwickelte Resilienzkonzept und der methodische Weg der Erarbeitung mittels der Szenariotechnik sind geeignet, andere Destinationen auf ihrem Weg zu mehr Resilienz und Krisenresistenz zu unterstützen.

### Quellen

CAHYANTO, I. and PENNINGTON-GREY, L. (2017): Toward A Comprehensive Destination Crisis Resilience Framework. Travel and Tourism Research Association: Advancing Tourism Research Globally. 21.

## Factors influencing purchase intention for recycled products

A comparative analysis of Germany and South Africa

Thomas Dobbstein (DHBW Ravensburg), Carina Lochner (FH Vorarlberg)

### Introduction

Since 1950, the global population has more than tripled. Although the population growth has decelerated recently, it is expected that 9.5 billion people will be living on our planet by 2050 (United Nations, 2022). To ultimately protect both our environment and the availability of natural resources, the concept of Sustainable Development was introduced. (United Nations, 1987). In recent years, renowned companies, such as Apple, H&M, and Adidas, have implemented recycling programs in which they collect used products and ultimately produce products made from recycled materials (Lv et al., 2021). It is therefore important to discover which factors influence the purchase intention for recycled products to find out what makes consumers buy such products and finally derive appropriate marketing strategies.

### Research gaps & objectives

Although recycled goods can be considered sustainable products (e.g., Biswas, 2016; Mohd Suki, 2015), little is known about the factors that influence purchase intentions regarding these in a narrower sense (Bigliardi et al., 2020; Calvo-Porrall & Lévy-Mangin, 2020). These publications are

usually very specific and examine only a few influencing factors. (e.g., Calvo-Porrall & Lévy-Mangin, 2020; Queiroz et al., 2021). Thus, one objective of this paper is to discover the factors that influence purchase intentions for recycled products. Developing countries are generally slower than developed ones in embracing the concept of the circular economy (Ngang et al., 2019). One goal of this study is to ascertain how the results differ between a developing and a developed country.

### Research Methodology & Design

In the field of marketing, purchase intention has been considered an important predictor of whether consumers are willing to buy a product in the future (Namias, 1959). When it comes to the definition of purchase intention, reference is made to the theory of planned behaviour (TPB) where according to Ajzen (1991) the concept of intention is defined as follows: "Intentions are assumed to capture the motivational factors that influence a behavior; they are indications of how hard people are willing to try, of how much of an effort they are planning to exert, in order to perform the behavior. As a general rule, the stronger the intention to engage in a behavior, the more likely should be its performance." Most publications focusing on recycled products examine the influence of individual factors such as the impact on purchase intention of the quality, image, sustainability, or safety of recycled products (CalvoPorrall & Lévy-Mangin, 2020; Queiroz et al., 2021). Some studies concentrate on the influence of perceived value on purchase intention (Chi et al., 2021), while

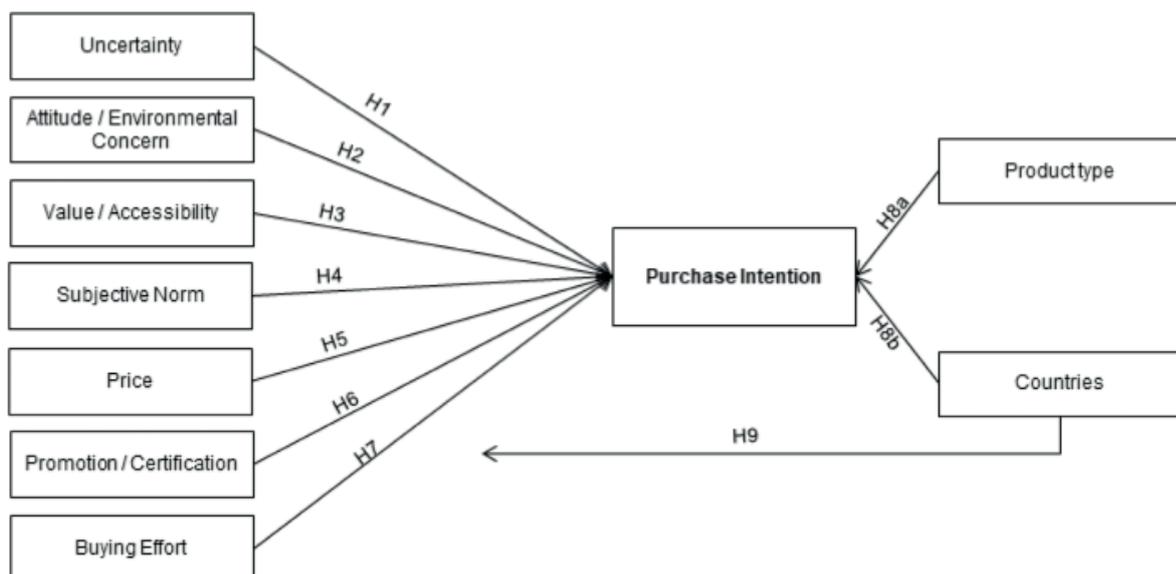


Fig. 1: Research Model & Hypotheses

others use adaptations of behavioral theories such as the TRA (Sun et al., 2018) or the TPB to explain purchase intentions of recycled products. To reduce this complexity, Bigliardi et al. (2020) developed a theoretical framework to provide a holistic picture of the factors influencing purchase intention for recycled products, which is divided into three blocks: individual-related, context-related, and product-related. The individual-related block contains constructs related to individual values, beliefs, norms, and attitudes. The product-related block contains all constructs that can be attributed to the product, and the context-related block is about factors that influence perception about a product (Bigliardi et al., 2020).

## Results

The results are based on 1.306 quality checked online interviews. Because of a Gini coefficient of 62 (OECD Data, 2022) the South African Living Standards Measure (LSM) groups 7 to 10 were used. Germany's Gini coefficient of 29 indicates a much greater income balance (OECD Data, 2022) so a quota sample was created based on age (18 years and older), gender, and net household income.

The following table summarizes key results.

H#	Description	Country	Supported
1	Uncertainty has a negative influence on purchase intention for recycled products.	Overall	yes
		South Africa	yes
		Germany	yes
2	Attitude/environmental concern has a positive influence on purchase intention for recycled products.	Overall	yes
		South Africa	yes
		Germany	yes
3	Value/accessibility has a positive influence on purchase intention for recycled products.	Overall	yes
		South Africa	yes
		Germany	yes
4	Subjective norm has a positive influence on purchase intention for recycled products.	Overall	yes
		South Africa	yes
		Germany	yes
5	A price lower than that of new/conventional products has a positive influence on purchase intention for recycled products.	Overall	yes
		South Africa	yes
		Germany	yes
6	Promotion/certification has a positive influence on purchase intention for recycled products.	Overall	yes
		South Africa	yes
		Germany	yes
7	Buying effort has a negative influence on purchase intention for recycled products.	Overall	yes
		South Africa	no
		Germany	yes
8	The purchase intention for recycled products varies based on different product types and between Germany and South Africa.	Overall	yes
		South Africa	yes
		Germany	yes
9	The values of the influencing constructs of purchase intentions for recycled products differ between Germany and South Africa.	no (only for selected constructs)	

Fig. 2: Summary of hypotheses

## Recommendation

For marketing in Germany, greater attention should be paid to highlighting quality features.

For example, consumers can be informed that there is no loss of quality when buying a recycled product and that its longevity is equal to the conventional variety's. Regarding ecolabels, it is vital in Germany that these are trustworthy and perceived as such by consumers, as German shoppers are particularly sceptical of them. Furthermore, it is recommended that the price does not exceed that of corresponding items. It is necessary to apply more aggressive marketing to reach the majority with a weaker purchase intention. Accordingly, it is recommended that the quality and environmental aspects should be actively communicated at all touchpoints. The communication efforts should integrate educational aspects. In South Africa, it is recommended to increasingly advertise the product's environmental friendliness. Consumers should be made aware that they are doing something good for the environment with their purchases. Furthermore, ecolabels play a major role in the purchase intention and should thus be attached to the product. It is also important that the price does not exceed that of corresponding conventional items. Promotion is a very important point in South Africa, which should primarily serve to educate people about the product. Furthermore, appropriate communication should be available at the point of sale so that consumers can easily recognize that the product is sustainable. For marketers in both countries it can be recommended to especially target consumers who already show high environmental concerns, for example, by creating messages that emphasize the high positive impact of buying recycled products on the environment or by specifically promoting recycled products in associations joined by this target group. Marketers may think about how the purchase or use of recycled products can be communicated in a consumer's peer group, for example, by social media marketing or by attaching easily visible product characteristics to the products.

## References

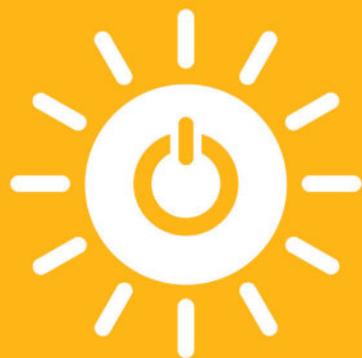
Dobbelstein, T./Lochner, C.: Factors influencing purchase intention for recycled products: A comparative analysis of Germany and South Africa, sustainable development, Wiley, 27.01.23 doi.org/10.1002/sd.2504 (All original references are listed in this publication).



**SESSION 12**

**Bezahlbare und saubere Energie (SDG 7)**

**7** BEZAHLBARE UND  
SAUBERE ENERGIE



## Methanol zur saisonalen Speicherung von Energie

Konrad Reif, Martin Freitag (DHBW Ravensburg Campus Friedrichshafen)

### Ausgangssituation

Um die Erderwärmung durch den Klimawandel zu verlangsamen bzw. zu stoppen, wird auf Solar- und Windenergie gesetzt. Beide sind sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf (saisonal) großen Schwankungen unterworfen. Daher ist die Speicherung von Energie aus diesen volatilen regenerativen Energiequellen eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Energiewende. Zurzeit sind in diesem Zusammenhang Wasserstoff und Akkumulatoren intensiv im Gespräch. Für die Speicherung von im Sommer gewonnener elektrischer Energie wären allerdings sehr große Akkumulatoren erforderlich, um diese Energie in der sonnenarmen Winterzeit nutzen zu können. Mehr und mehr erkennt man, dass auch die Speicherung von großen Mengen von Wasserstoff - gewonnen mittels Photovoltaik und Elektrolyse - aufwendig und kostspielig ist.

Als geeigneter Energieträger bietet sich Methanol an, das mittels Photovoltaik, Elektrolyse und chemischen Umwandlungen aus Biomasse vergleichsweise einfach hergestellt, gelagert und transportiert werden kann. Methanol ist bei Normaltemperatur und Umgebungsdruck flüssig und besitzt - auf das Volumen bezogen - sogar eine höhere Energiedichte als flüssiger Wasserstoff.

### Projekt

Das Vorhaben wird in mehrere Phasen gegliedert. Mithilfe von geeigneten Partnern, die bereits einschlägige Erfahrungen auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik und der technischen Chemie besitzen, wird zunächst ein Konzept erstellt. Die einzelnen ineinandergreifenden Schritte wie

- Pyrolyse, Biomassevergasung,
- Elektrolyse,
- Synthesegaserzeugung,
- die Methanolsynthese selbst sowie
- Lagerung und Transport von Methanol

werden hinsichtlich ihrer Optimierbarkeit und ihrer Skalierbarkeit untersucht.

Mithilfe der Pyrolyse und Vergasung wird Biomaterial (Altholz, Abfälle, Stroh usw.) auf der einen Seite zu dem Bestandteil des Synthesegases umgewandelt, der im wesentlichen Kohlenmonoxid enthält. Dabei entstehen als Nebenprodukte Holzkohle oder ähnliche Stoffe aus reinem Kohlenstoff, die in geeigneter Weise weiterverwendet oder eingelagert werden können.

Auf der anderen Seite wird mithilfe der Photovoltaik Elektrolyse Wasserstoff erzeugt, der die andere Komponente des Synthesegases darstellt.

In einem geeigneten Reaktor werden die beiden Komponenten zu Methanol synthetisiert. Dieses Methanol kann zum Beispiel in einem Blockheizkraftwerk (mit Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle) in Phasen schwacher Sonneneinstrahlung (z. B. im Winter) in elektrische Energie und Wärme umgewandelt werden. Auch eine Nutzung des Methanols für Fahrzeuge ist möglich.

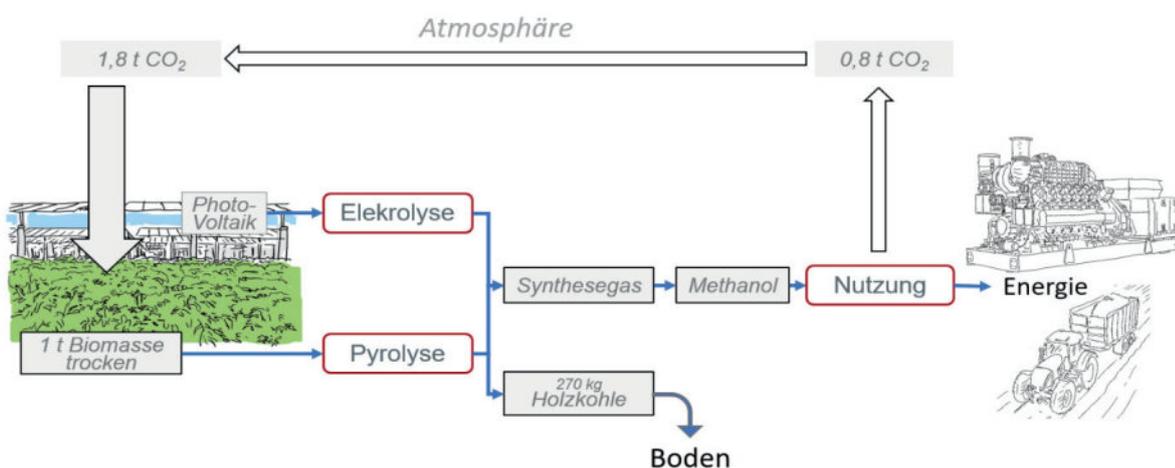


Abb. 1: Methanol zur Speicherung von Solarenergie und zur Dekarbonisierung der Atmosphäre

Bei der Untersuchung der Teilschritte und des Gesamtprozesses werden Simulationstechniken angewendet, um Aussagen über die Effizienz und die Skalierbarkeit derartiger Anlagen zu erzielen. Zudem sollen Abschätzungen über Anschaffungs- sowie Betriebskosten vorgenommen werden. Kleine kostengünstige Methanolsynthese-Anlagen stehen besonders im Fokus, da sie die Möglichkeit bieten, saisonale Unterschiede in der Verfügbarkeit von Solarenergie durch Speicherung von Methanol auszugleichen. Das Ziel ist, auf regionaler Ebene derartige Anlagen in landwirtschaftlichen oder Forstbetrieben sowie in Kommunen zu nutzen, bei denen sowohl durch großflächige Photovoltaikanlagen als auch durch die Verfügbarkeit von Biomasse günstige Voraussetzungen für die Methanolsynthese bestehen.

Mit derartigen Anlagen lässt sich durch die saisonale Speicherung der Grad der Eigennutzung der über Photovoltaik gewonnenen Energie drastisch erhöhen. Die Speicherung erfolgt nicht nur - wie zum Beispiel bei einem Akkuspeicher - im Tag-Nacht-Rhythmus. Es lässt sich zum Beispiel im Sommer aus überschüssiger Energie aus Photovoltaikanlagen gewonnenes Methanol im Winter (bei geringerer Sonneneinstrahlung) nutzen.

Die Vorteile derartiger Methanolsyntheseanlagen bestehen in Folgendem:

- die Speicherung von Wasserstoff oder elektrische Energie (in Akkumulatoren) über längere Zeiträume (einige Monate) kann dadurch ersetzt werden,
- das Netz wird entlastet (weniger Netzeinspeisung insbesondere im Sommer durch Eigennutzung),
- es wird ein ökonomischer Vorteil für die Betreiber geschaffen (höherer Grad der Eigennutzung der erneuerbaren Energie) und
- gegebenenfalls kann CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre gewonnen und als Kohlenstoff (Holzkohle) gespeichert werden (CCS, carbon capture and storage).

Kleine kostengünstige Anlagen sind auch deshalb wichtig, weil die Schwelle zu deren Einsatz niedriger liegt als bei Groß-Syntheseanlagen und damit die Energiewende und der dezentrale Aufbau der Energieversorgung „von unten her“ beschleunigt werden kann. Ferner kann eine Autarkie sicherge-

stellt werden, die einen Schutz vor willkürlichen Preissteigerungen bietet.

## Ergebnisse

Eine Machbarkeitsstudie hat bestätigt, dass die Nutzung von synthetischem Methanol als Speicher für erneuerbare Energien möglich und sinnvoll ist. Zurzeit wird ein Netzwerk aufgebaut, um mit verschiedenen Partnern mit Erfahrungen zum Beispiel auf dem Gebiet der Elektrolyse, der Nutzung von Pflanzen in Verbindung mit Biotechnologie und im Apparate- und Anlagenbau das Projekt voranzutreiben.

Die erforderlichen Stoffströme werden quantifiziert und unter Berücksichtigung der zu erwartenden Wirkungsgrade miteinander verknüpft. Mit potenziellen Nutzern wurden deren Wünsche und die Möglichkeiten der Nutzung derartiger Anlagen diskutiert, um die Entwicklungszielstellungen zu präzisieren.

## Quellen

Bertau, M., Offermanns, H., Plass, L., Schmidt, F., Wernicke, H.-J.: „Methanol: The Basic Chemical and Energy Feedstock of the Future: Asinger’s Vision Today“, Verlag Springer, 2014, ISBN 978-3-642-39708-0

Production of Bio-Methanol; IEA-ETSAP and IRENA© Technology Brief I08 – January 2013

[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/IRENA-ETSAP-Tech-Brief-I08-Production\\_of\\_Bio-methanol.pdf?rev=5ea20e7c84c4472f8eed8111ff8daf9](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/IRENA-ETSAP-Tech-Brief-I08-Production_of_Bio-methanol.pdf?rev=5ea20e7c84c4472f8eed8111ff8daf9)  
Abrufdatum 1.5.23

Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H.: „Energie aus Biomasse“, Springer Vieweg, Berlin Heidelberg 2016

Freitag, M.: „Energiekrise als Klimachance?“, Livestream des CAS Heilbronn, <https://youtu.be/z6n4A9qGWdc>, 2023

Tepper, H.: „Zur Vergasung von Rest- und Abfallholz in Wirbelschichtreaktoren für dezentrale Energieversorgungsanlagen“, Dissertation TU Magdeburg, Magdeburg 2005

## Solarthermisch erzeugte Prozesswärme für industrielle Anwendungen

Tobias Hirsch, Jana Stengler, Dirk Krüger, Luka Lackovic, Reiner Buck (DLR Institut für Solarforschung, Stuttgart)

### Ausgangssituation

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung stellt der Ersatz fossiler Energiebereitstellung für wärmegetriebene Prozesse in der Industrie eine große Herausforderung dar. Insbesondere für die Prozesse, die bislang mittels Gas oder anderer fossiler Energieträger direkt beheizt wurden, stellt sich die Frage des bestmöglichen Ersatzes. Die vermeintlich naheliegende Option der Nutzung von grünem Wasserstoff oder anderen „grünen“ Brennstoffen klingt für die Industrie vielversprechend, da nur Bezugsquelle und Wärmeerzeugungsprozesse angepasst werden müssen. Heutige Perspektiven gehen von Wasserstoffbereitstellungskosten von ca. 4-5 €/kg im Jahr 2030 für Deutschland aus. Bei einem Heizwert von 33,3 kWh/kg liegen allein die zu erwartenden Brennstoffkosten in einer Größenordnung von 12-15 €/ct/kWh. Zum Vergleich war die Industrie vor 2020 Gaspreise von 2-3 €/ct/kWh (ohne Steuern) gewohnt. Unabhängig von den bis 2030 faktisch verfügbaren Liefermengen an Wasserstoff würde dies eine Steigerung auf das Fünffache an Energiekosten bedeuten. Die Zahlen machen klar, dass der Weg über Wasserstoff ein für die Versorgungssicherheit voraussichtlich notwendiger, aber nicht allein zielführender Technologiepfad ist. Die Elektrifizierung von Prozessen und industrieller Energiebereitstellung stellt ein weiteren wichtiger Versorgungspfad dar, da erneuerbar erzeugter Strom ortsunabhängig eingesetzt und über verschiedene Geschäftsmodelle beschafft werden kann. Die bekannten Herausforderungen liegen im Ausbau der Stromnetze, des Ausgleichs von Angebot und Bedarf in einem Energiesystem mit fast ausschließlich fluktuierenden Quellen, sowie im benötigten Ausbau der erforderlichen Erzeugung. Der Energieverbrauch für industrielle Wärme betrug in Deutschland im Jahr 2020 490 TWh. Allein um diesen Bedarf elektrisch zu decken, müsste die erneuerbare Stromerzeugung in

Deutschland von heute 254 TWh (Jahr 2022) etwa verdreifacht werden. Hinzu kommt der steigende Bedarf aus anderen Sektoren wie der Stromversorgung, des Verkehrs und der Gebäudeheizung mittels Wärmepumpen. Diese wenigen Zahlen machen deutlich, dass wir alle technischen Optionen benötigen werden, um das Energiesystem klimaneutral umzustellen.

### Projekthinhalte

Die solarthermische Stromerzeugung mittels konzentrierender Kollektoren ist in der Lage, solare Wärme bei Temperaturen von 150 bis 500 °C bereitzustellen. Weltweit sind derartige Systeme in solarthermischen Kraftwerken mit einer Gesamtleistung von mehr als 6 GWel seit Jahrzehnten in Betrieb. Bislang hauptsächlich für die Stromerzeugung genutzt, gewinnt die direkte Wärmebereitstellung für die Industrie mittels konzentrierender Kollektoren stark in den Fokus. Die Gründe sind:

- Stand der Technik für Wärme bis 550 °C
- Speicherbarkeit über viele Stunden mittels günstiger thermischer Speicher
- Attraktive Wärmebereitstellungskosten
- Nachhaltiges Gesamtkonzept, da lange Lebensdauer von über 30 Jahren und danach hochgradig recyclebar
- Skalierbar auch für kleine Leistungen
- Nutzbar auch in mitteleuropäischem Klima

Im vorliegenden Beitrag wird gezeigt, warum sich diese Technologie auch für den Einsatz in Deutschland eignet und welche Demonstrationsprojekte aktuell laufen.



Abb. 1: Solare Prozesswärmanlage in Oostende, Belgien (Dampfbereitstellung bei 11 bar/180 °C bei einer Leistung von 600 kWth). Quelle: Solarlite CSP Technology GmbH

In Deutschland fest etabliert sind Solar-Flachkollektoren und niedrig konzentrierende CPC-Kollektoren, mit denen Wärme effizient bis knapp über 100 °C hinaus bereitgestellt werden kann. Bei höheren Temperaturen steigen die Wärmeverluste stark an, sodass kein relevanter Ertrag resultiert. Solarkollektoren mit Konzentrationsverhältnissen von 20 bis 100 benötigen Absorberrohre mit geringer Oberfläche, welche zusätzlich durch Vakuumisolierung gegen Wärmeverluste geschützt sein können. Die Erträge brechen daher selbst bei hohen Prozesstemperaturen nicht ein, wie der Vergleich in Abb. 2 zeigt.

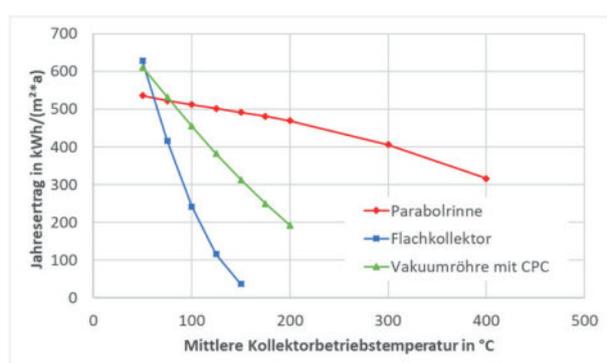


Abb. 2: Thermischer Jahresertrag unterschiedlicher Solar Kollektoren für den Standort Würzburg (Quelle (2)).

Die erzielbaren Temperaturen schaffen Freiraum, um thermische Speicherlösungen auf Basis sensibler Speichermedien zu realisieren, da Spielraum für erforderlichen Temperaturhub für Ein- und Ausspeicherung entsteht. Im Vergleich zur häufig angeführten Option einer PV-Anlage mit Elektroheizer bzw. Wärmepumpe zeigt sich ein weiterer Vorteil der solarthermischen Anlagen gerade für die Nutzung in Deutschland. Die hohen Wirkungsgrade der Solarthermie (bis 70 %) im Vergleich zur PV (20-25 %) führen unmittelbar dazu, dass weniger als die Hälfte der Aufstellfläche benötigt wird. Für eng besiedelte Industriegebiete ein deutlicher Vorteil.

Hinsichtlich der Erzeugungskosten werden von den Herstellern Wärmegestehungskosten von 3-4 €/kWh für einen Standort in Deutschland angegeben (Quelle (1)). Die Werte gelten für große Anlagen ab ca. 5 MW bzw. 10.000 m² Kollektorfläche. Die Werte zeigen, dass hier eine gute Wirtschaftlichkeit insbesondere im Vergleich mit den anderen grünen Erzeugungspfaden vorliegt.

Die Industrie hat inzwischen die Chancen der

Technologie erkannt. Erste kommerziell finanzierte Demonstrationsprojekte für Industriewärme laufen. Zwei Anlagen á 600 kW in Oostende und Antwerpen, Belgien, liefern jeweils Dampf bei 155 und 185 °C an Chemiebetriebe. Ein Solarfeld mit 2,5 MW wird derzeit in Turnhout, Belgien in Betrieb genommen, mit dem Prozesswärme von 260 bis 280°C ebenfalls für einen Chemiebetrieb bereitgestellt wird. Nochmals deutlich größer ist eine Parabolrinnenanlage bei Heineken in Sevilla mit 30 MW mit einem 70 MWth Speicher, mit einem geplanten Deckungsgrad von über 50%.

## Ergebnisse

Erste konzentrierende Solarthermieanlagen für die Bereitstellung von Prozesswärme entstehen aktuell in südlichen Regionen, aber gerade auch im mitteleuropäischen Klima. Die Wirtschaftlichkeitszahlen zeigen, dass diese Technologie einen konkurrenzfähigen Beitrag zur großen Aufgabe der Wärmewende liefern kann. Das DLR Institut für Solarforschung ist eines der führenden Forschungsinstitute auf dem Gebiet weltweit und treibt aktiv die Demonstration und Weiterentwicklung der Technologie mit zahlreichen mittelständischen Firmen aus Deutschland voran. Für die Industriebetriebe steht damit eine weitere Option für ihr Versorgungsportfolio zur Verfügung, welches stark auf eigene Erzeugung und Unabhängigkeit setzt.

## Quellen

- (1) Deutsche CSP (2022). Wärmewende in der deutschen Industrie beschleunigen, Positionspaper 6.7.2022, verfügbar unter [www.deutsche-csp.com](http://www.deutsche-csp.com)
- (2) D. Krüger, S. Fischer, P. Nitz, J. Iñigo Labairu, Chancen für den Einsatz konzentrierender Kollektoren in Mitteleuropa, 31. Symposium Solarthermie und innovative Wärmesysteme 2021: 27. - 30. April 2021, ISBN: 978-3-948176-13-6

## Optimierung des Energieertrages einer Solarblume durch Extremum Seeking Control – Empirische Betrachtung für den Standort Baden-Württemberg

Hannes Homburger (DHBW Stuttgart / HTWG Konstanz)

### Ausgangssituation

Die Dekarbonisierung der Energieversorgung ist eine zentrale Fragestellung an die Forschenden unserer Zeit. Solare Technologien tragen nach Daten des Umweltbundesamtes (2023) immer mehr zur Deckung des Energiebedarfs in Deutschland bei. Jedoch ist die Leistung einer Solarzelle maßgeblich von der effektiven Sonneneinstrahlung abhängig. Diese Einstrahlung hängt stark von verschiedenen Einflüssen wie Jahreszeit, Tageszeit und Wetter ab. Aufgrund dessen kann die optimale Ausrichtung der Solarzelle nur schlecht anhand eines Modelles berechnet werden. In der vorliegenden Studie wird betrachtet, welchen Einfluss die optimale Orientierung einer Solarzelle auf deren Effizienz zur Energieerzeugung hat. Hierzu wird die in Abbildung 1 dargestellte Solarblume innerhalb einer Simulationsstudie über den Zeitraum eines Jahres mit realen Wetterdaten betrachtet. Es wurde gezeigt, dass sich die jährlich erzeugte Energie durch Einsatz intelligenter Regelungstechnik in Form von Extremum Seeking Control (ESC) um 29,7% steigern lässt.

### Projektidee

Um das Potenzial innerhalb der Studie zu evaluieren, werden die folgenden drei Betriebsarten der Solarblume in einer dafür implementierten Simulationsumgebung unter Verwendung realer Wetterdaten verglichen:

- Statische Orientierung (A)
- Optimale horizontale Bewegung (B)
- Optimale horizontale und vertikale Bewegungen (C)

Für A wird eine energieoptimale statische Orientierung der Blume in Richtung Süden mit  $33^\circ$  vertikaler Neigung gewählt. Für B wird ebenfalls die optimale statische vertikale Neigung von  $33^\circ$  gewählt, jedoch eine optimale horizontale Bewe-

gung in Abhängigkeit der Tageszeit ausgeführt. In C wird zur optimalen horizontalen Bewegung noch eine optimale vertikale Ausrichtung durch die von Dürr et al. (2013) dargestellte Methode ESC ausgeführt.



Abb. 1: Foto der Solarblume in Radolfzell am Bodensee (Bild: H. Homburger)

### Modellierung und optimale Ansteuerung

Zur Modellierung der Intensität solarer Einstrahlung auf die Solarblume wird das Isotrope Diffusstrahlungsmodell genutzt, welches in Eicker (2012) dargestellt ist. Die Interpolation der Wetterdatenpunkte, welche stündlich diskretisiert vorliegen, erfolgt durch kubische Splines. Die Dynamik der geschlossenen Antriebsregelkreise wird jeweils als PT1-Glied modelliert. Während für A eine konstante Sollwertvorgabe erfolgt, wird in B und C die optimale horizontale Orientierung in Abhängig der Tageszeit bestimmt. In C wird zudem die optimale vertikale Orientierung eingestellt. Da eine Prädiktion der lokalen Wetterverhältnisse nicht exakt genug möglich ist, wird die optimale vertikale Orientierung in C durch Anwendung von ESC während des Prozesses so adaptiert, dass eine maximale Leistung erzeugt wird. Diese Methode basiert auf der additiven Aufschaltung eines zeitvarianten Störsignals, dessen Effekt dann analysiert wird, um den optimalen Arbeitspunkt zu finden. Das dynamische Systemmodell, das Solarzellenmodell und das ESC Modul, wurden für die Studie in einem SIMULINK Modell eingebettet und mit dem Runge-Kutta Verfahren 4. Ordnung über einen Zeitraum von einem Jahr simuliert. Diese Methodik zur numerischen Integration bzw. Simulation ist in Adamy (2014) dargestellt.

## Ergebnis

In Abbildung 2 ist ein Vergleich der erreichten Tagesenergie dargestellt. In Abbildung 3 werden diese Datenpunkte über ein Jahr als kumulierte Energieerträge gegenübergestellt. Während in Betriebsart A von einer Solarblume eine elektrische Jahresenergie von 2906 kWh zur Verfügung gestellt werden kann, kann durch Betriebsart B die zur Verfügung gestellte Energie auf 3485 kWh pro Jahr erhöht werden. Die größte Jahresenergie ist mit 3770 kWh durch Verwendung der Betriebsart C gegeben. Da sich die optimale Orientierung der Blume nur langsam ändert, ist wenig Energie für die Bewegung notwendig.

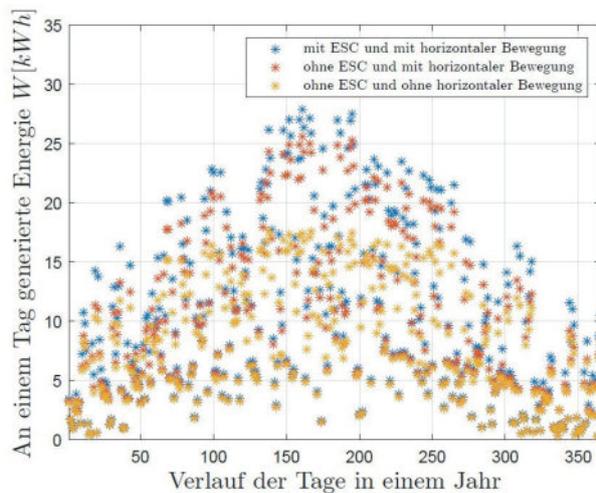


Abb. 2: Vergleich Tagesenergien

## Ausblick

Um den Wirkungsgrad zu erhöhen und den Verschleiß an den Bewegungsachsen zu minimieren, ist es möglich, mit einer Solarblume die optimale Orientierung zu bestimmen und mit dieser Information eine gesamte Solarfarm zu steuern.

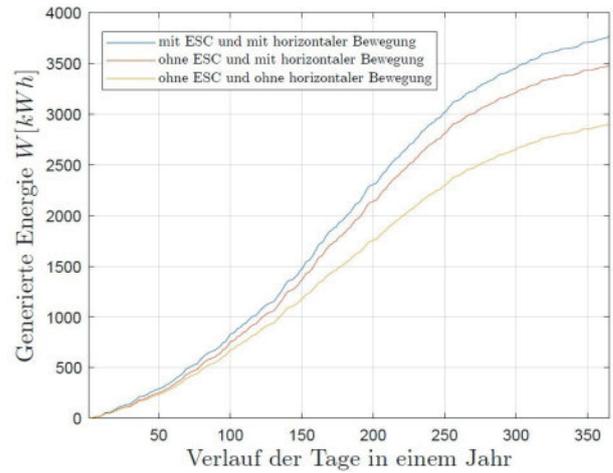


Abb. 3: Vergleich kumulierter Energien

## Referenzen

Umweltbundesamt (2023), Tabelle Stromerzeugung nach Energieträgern. Auf Basis Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien Statistik und AG Energiebilanzen, Herausgabe Stand März 2023.

Dürr H., Ebenbauer C., Johansson K., Stankovic M. (2013). Lie Bracket Approximation of Extremum Seeking Systems. *Automatica* 49(6), 1538-1552, 2013.

Eicker U. (2012). *Solare Technologien für Gebäude: Grundlagen und Praxisbeispiele*. Springer Verlag, Wiesbaden, Deutschland.

Adamy J. (2012). *Nichtlineare Systeme und Regelungen*. Auflage 2, Springer Verlag, Berlin, Deutschland.

## Smarte Grids für smarte Energieerzeugung

Flexibilisierung der Stromnetze durch adaptive Regelung

Johannes Börner (DHBW Mannheim)

### Motivation

Die Klimakrise zählt zu den größten Herausforderungen unserer Zeit. Ein nicht unerheblicher Teil dieser Problematik stellt die Bereitstellung, Verteilung und Nutzung elektrischer Energie da. In weiten Teilen der Welt findet eine Bewegung zu erneuerbaren Energien statt.

Neben der nachhaltigen Bereitstellung elektrischer Energie ändern sich auch die Paradigmen des Netzbetriebs, da zunehmend erneuerbare Erzeuger in Mittel- und Niederspannungsebene einen Beitrag zum deutschen Energiemix leisten [1].

Die Integration solcher Erzeuger stellt Netzbetreiber vor neue Herausforderungen: Die Stabilisierung von Spannung und Frequenz im europäischen Verbundnetz bedarf aufgrund der veränderten Leistungsflüsse und Volatilität der erneuerbaren Energien mehr Stelleingriffe [2,3].

Es existieren zwei konkurrierende Philosophien für diesen Paradigmenwechsel, einerseits den Ausbau von Speichern, andererseits eine Dynamisierung der Netzführung durch einen Ausbau und Flexibilisierung der Netze [4,5]. Während ersteres die Fortführung des bisherigen Netzbetriebs erlauben könnte, bietet letzterer Ansatz eine kostengünstigere und vor allen Dingen, aufgrund niedrigerer Verluste, nachhaltigere Alternative.

In diesem Vorhaben soll deshalb eine adaptive Regelstrategie entwickelt werden, die einen automatisierten, ökonomisch optimalen Einsatz vorhandener Erzeuger in elektrischen Netzwerken erlaubt.

### Simple Adaptive Control

Die eingesetzte Technik basiert auf Simple Adaptive Control (SAC), veröffentlicht in [6]. SAC ist ein Verfahren, das unabhängig von einem vorhandenen Streckenmodell einen Regler basierend auf der Abweichung eines gewünschten Ausgangs einstellt. Dabei „lernen“ drei Proportionalregler die optimale Verstärkung, um eine fehlerfreie Trajek-

torienfolge sicherzustellen.

In [6] wird gezeigt, dass ein einzelnes System mit lokalen Messungen eine stabile, stationär genaue Reglereinstellung zum Optimum hin erreicht, sofern das zu regelnde System passiv ist.

### Anwendung auf Energieerzeugung

Die SAC-Technik wurde in Vorarbeiten auf sogenannte Multiple Input Multiple Output (MIMO) Systeme erweitert. Das Stromnetz stellt ein solches System dar: Viele unterschiedliche Verbraucher und Erzeuger sind durch Leitungen und Transformatoren miteinander verknüpft. Das deutsche Stromnetz ist dabei Teil des europäischen Verbundnetzes. Die nominalen Strom- und Spannungswerte stellen dabei die in [6] erwähnten Zielvorgaben dar. Sie sind im Stromnetz durch die Balance aus Erzeugung und Verbrauch bestimmt, wobei nur die Erzeugung als flexibel betrachtet wird, da ein Erfüllen des Verbrauchs zu jedem Zeitpunkt gewünscht ist. Für den Leistungsdispatch der Erzeuger existiert sowohl aus ökonomischer als auch aus technischer Sicht eine optimale Verteilung. Die Passivität des Stromnetzes ist ebenso gegeben. Somit ist die Theorie aus [6] anwendbar.

Für die Untersuchungen wurde ein Kupferplattenmodell für das Stromnetz angenommen, d.h. alle Verbraucher wurden als ein Gesamtverbraucher aggregiert, das Netz wurde als ideal angenommen. Die unterschiedlichen Erzeuger werden durch coupled swing Gleichungen repräsentiert. Das Modell entspricht, obschon einfach gehalten, den in der Forschung üblichen Vereinfachung (vgl. bspw. [6]). Ferner wird nur der Frequenzverlauf und die Wirkleistung betrachtet.

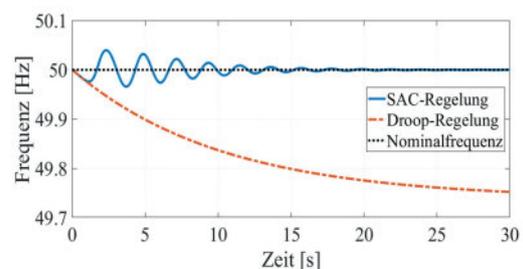


Abb. 1: Frequenzverlauf des Testnetzes über 30s. Die klassische Droop-Regelung realisiert eine ausgeglichene Leistungsbilanz mit stationärem Fehler, SAC ermöglicht eine akkurate Rückführung der Frequenz auf den Nominalwert.

Die SAC wird verwendet, um die klassische Droop-Regelung des Netzwerks zu ersetzen. Diese beinhaltet ebenfalls einen Proportionalregler, allerdings ist dessen Verstärkung fest eingestellt. Diese sogenannte Primärregelung stellt im Stromnetz eine ausgeglichene Erzeugungs-/Verbrauchsbilanz sicher, ist jedoch nicht stationär genau. Das SAC-basierte Regelkonzept arbeitet verteilt mit lokalen Frequenzmessungen.

Die Simulation wird für 30s betrachtet, was der üblichen Antwortzeit der Primärregelung entspricht. Die SAC-Regler werden mit den ursprünglichen Droop-Verstärkungen initialisiert. Der Verbrauch steigt zu Beginn der Simulation sprunghaft an und löst somit die Primärregelantwort aus.

### Ergebnisse

Beide Regelkonzepte erfüllen das primäre Ziel einer ausgeglichenen Leistungsbilanz mit begrenzter Frequenzabweichung.

Abb. 1 zeigt die Frequenzverläufe für SAC und Droop-Regelung. Wie erwartet konvergiert die Droop-Regelung zu einem stationären Fehler. Die Regelung mit SAC erreicht den gewünschten Nominalwert, hat eine kleinere maximale Frequenzabweichung als die Droop-Regelung und konvergiert deutlich vor 30s. Allerdings ist ein Schwingverhalten in der Frequenz und auch für die Arbeitspunkte der Generatoren zu beobachten (vgl. Abb. 2). Dieses Verhalten wird durch das unabhängige Parametertuning der einzelnen Regler hervorgerufen und zeigt sich abhängig von der Lernrate, also der Sensitivität der Regler-Parametrierung auf die Abweichung vom Nominalwert. Kürzere Lernraten führen zu ausgeprägteren Schwingungen, während längere Lernraten zu einer späteren Konvergenz führen.

In Abb. 2 ist neben der Schwingung erkennbar, wie die unterschiedlichen Erzeuger unterschiedliche finale Arbeitspunkte annehmen. Diese entsprechen der technischen Optimalen Verteilung.

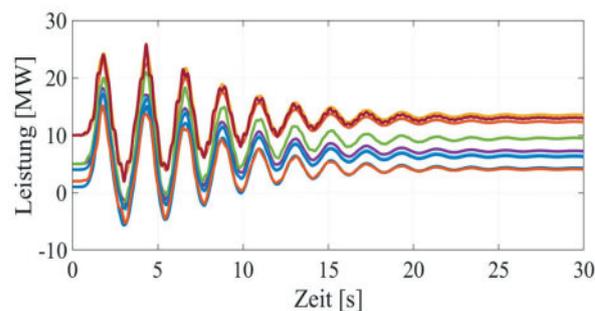


Abb. 2: Verlauf der Primärleistungserzeugung der Generatoren mit SAC. Die Verteilung der Leistung entspricht dem technischen Optimum, d.h. Erzeuger produzieren anteilig basierend auf ihrem Anteil an der gesamten installierten Erzeugungsleistung.

### Ausblick

Basierend auf den Vorarbeiten sollen ökonomische Aspekte integriert werden. Dadurch werden die Primär- und Sekundärregelung in einer Regelkaskade vereint und automatisiert.

### Quellen

- [1] Bundesnetzagentur, Veränderung i Strommix, [www.smard.de/page/home/topic-article/444/208548](http://www.smard.de/page/home/topic-article/444/208548), abgerufen am 26.04.2023
- [2] A. Joseph, K. Smedley and S. Mehraeen, „Secure High DER Penetration Power Distribution via Autonomously Coordinated Volt/VAR Control,“ in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 35, no. 5, pp. 2272-2284, Oct. 2020, doi: 10.1109/TPWRD.2020.2965107.
- [3] Bundesnetzagentur, Quartalsbericht zum Netzengpassmanagement zweites Quartal 2022, online
- [4] F. Steinke, P. Wolfrum, C. Hoffmann, Grid vs. storage in a 100% renewable Europe, *Renewable Energy*, Volume 50, 2013, Pages 826-832
- [5] R. Rodríguez, S. Becker, G. Andresen, D. Heide, M. Greiner, Transmission needs across a fully renewable European power system, *Renewable Energy*, Volume 63, 2014, Pages 467-476
- [6] Itzhak Barkana, SIMPLE ADAPTIVE CONTROL - A STABLE DIRECT MODEL REFERENCE ADAPTIVE CONTROL METHODOLOGY - BRIEF SURVEY, *IFAC Proceedings Volumes*, Volume 40, Issue 13, 2007, Pages 310-327
- [6] L. Meng, M. Savaghebi, F. Andrade, J. C. Vasquez, J. M. Guerrero and M. Graells, „Microgrid central controller development and hierarchical control implementation in the intelligent microgrid lab of Aalborg University,“ 2015 IEEE APEC, Charlotte, NC, USA, 2015, pp. 2585-2592

## Dezentrale Herstellung und Nutzung von grünem Wasserstoff

Sven Schmitz, Linda Schorer (DHBW Mannheim, Forschungscluster Elektrochemie)

### Bezug zum Themenfeld Nachhaltigkeit

Wasserstoff ist ein wichtiger Baustein der Energiewende, da die Volatilität und Dezentralität erneuerbarer Energieträger eine Speicherung und Kopplung mit anderen Sektoren außerhalb des Energiesektors nötig machen. Wasserstoff als Speicher- und Transportmedium kann und wird hier einen bedeutenden, zwingend benötigten Beitrag leisten.

Der Aufbau einer dezentralen Wasserstoffwirtschaft, ergänzt um den Import von grünem Wasserstoff für industrielle Großverbraucher, sollte daher idealerweise an die Lage der dezentralen Stromerzeuger angepasst werden, da so Transportkosten und -verluste vermieden werden.

### Zielstellung des Beitrags

Eine direkte Verbindung von dezentraler grüner Wasserstoffherstellung und -nutzung kann Stromüberschüsse direkt umwandeln, speichern und zeitversetzt nutzen. Die Nutzung in einem anderen Sektor wird ermöglicht.

Ein Anwendungsbeispiel ist die direkte Verwendung des überschüssigen Stromes einer Dach-PV-Anlage auf einem Einfamilienhaus statt der Einspeisung ins Stromnetz. Eine Verwendung vor Ort reduziert die Netzbelastung und könnte einen höheren wirtschaftlichen Nutzen entfalten als die Einspeisung.

Dieser Strom könnte nun in Wasserstoff umgewandelt, dieser beliebig lange gespeichert und dann in ein Brennstoffzellenfahrzeug betankt werden. So könnte die Betankung an öffentlichen Wasserstofftankstellen zum großen Teil eingespart werden.

Die Betankungsinfrastruktur ist aufgrund der geringen Fahrzeuganzahl noch spärlich und der Wasserstoffpreis politisch vorgegeben (kann sich jederzeit ändern). Die Tankstellen fallen aufgrund von Wartungen häufig aus und eine Zuverlässigkeit von Betankungsmöglichkeit und Wasserstoffpreis fehlt. Hier könnte die dezentrale Verwendung des PV-Überschusses einen hilfreichen

Beitrag für mehr Versorgungssicherheit schaffen.

### Zentrale Fragestellung

Für die Beantwortung der technischen Fragestellungen wird auf die Beiträge in den Tagungsbänden der DHBW-Forschungstage 2021 und 2022 verwiesen [1], [2].

Die zentrale Fragestellung dieses Beitrages ist, welcher Preis sich für den selbst erzeugten Wasserstoff ergibt und ob dieser vergleichbar mit dem aktuellen Tankstellenpreis ist.

### Methodisches Vorgehen

Zuerst wurde auf Basis des Verfahrensflussdiagrammes des Wasserstoffspeicher- und -betankungssystems eine Bottom-Up-Analyse für die Ermittlung der Investitionsausgaben (Capital Expenditures – CAPEX) erstellt. Für jede einzelne Komponente des Systems wurde der Preis für ein Stück auf Basis von Studien, Angeboten und persönlichen Anfragen recherchiert. Alle Einzelpreise wurden mit der Anzahl der Komponenten im System multipliziert und dann wurde die Summe gebildet. Diese steht für die Produktion von einer Einheit.

Anschließend wurden Skaleneffekte bei höheren Produktionsmengen berücksichtigt. Bei vielen Bauteilen des Wasserstoffsystems kann von einer Preisreduktion von 20 % je Verdopplung der Anzahl ausgegangen werden. Bei materialintensiven Komponenten hingegen ist eine Preisreduktion nur in geringem Umfang möglich.

Die Betriebskosten (Operating Expenditures – OPEX) bestehen aus den Kategorien

- Stromkosten PV,
- Stromkosten Netz,
- Wasser,
- Wartung Elektrolyseur,
- Wartung EHC und
- TÜV Tanks.

Diese wurden nun für eine Laufzeit von 20 Jahren ermittelt.

Die Gesamtausgaben über die Laufzeit (Total Expenditures – TOTEX) wurden nun ins Verhältnis zur produzierten und genutzten Wasserstoffmenge gesetzt und so wurde der resultierende Wasserstoffpreis berechnet.

## Ergebnisse, Kommentierung der Fragestellung

Es ergibt sich ein Preis für den selbst produzierten Wasserstoff, der abhängig von der Produktionsmenge der Wasserstoffsysteme ist.

- 28,42 € je kg bei einer Produktionsmenge von 50 Stück,
- 21,34 € je kg bei einer Produktionsmenge von 2.000 Stück,
- 18,99 € je kg bei einer Produktionsmenge von 131.000 Stück.

Der Wasserstoffpreis an Tankstellen beträgt momentan einheitlich 13,85 €/kg H<sub>2</sub>. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass dieser Preis nicht kostendeckend für den Betrieb der Tankstellen ist. In Abbildung 1 sind die verschiedenen Preise zueinander ins Verhältnis gesetzt.

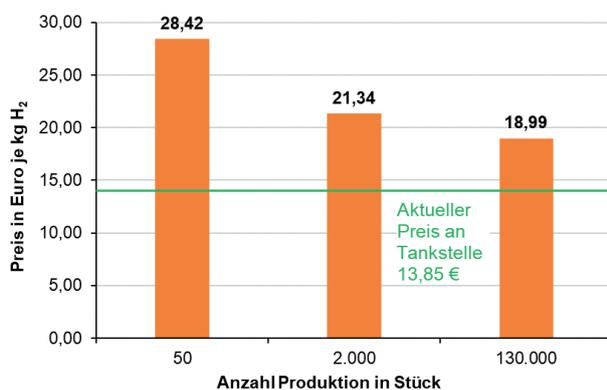


Abb. 1: Vergleich Preis für selbst produzierten Wasserstoff mit dem von Tankstellen

Der sich ergebende Preis für den selbst produzierten Wasserstoff wird von verschiedenen Parametern beeinflusst. Besonders die OPEX, die zwischen 64 und 80 Prozent der TOTEX ausmachen, unterliegen einer starken möglichen Bandbreite, die im Vortrag zusammen mit den Ergebnissen detaillierter vorgestellt wird.

## Quellen

[1] L. Schorer, S. Schmitz, Energetische Analyse und Optimierung von dezentralen Mikro-Wasserstofftankstellen mit elektrochemischer Verdichtung, Tagungsband zum DHBW Forschungstag 2021.

[2] L. Schorer, S. Schmitz, Energetische Analyse von Wasserstoff-Home-Refueling, Tagungsband zum DHBW Forschungstag 2022.

## Recycling von Wasserstoff aus Industrieabgasen mit einem elektrochemischen Kompressor (EH2C)

Christian Geml, Sven Schmitz (DHBW Mannheim)

### Ausgangssituation

Wasserstoff wird in verschiedensten industriellen Prozessen verwendet, ohne verbraucht zu werden, beispielsweise in der Solarzellen- und Halbleiterproduktion. Der wasserstoffreiche Abgasstrom wird hier von giftigen bzw. umweltschädigenden Stoffen befreit, verdünnt und dann zumeist in die Umwelt entlassen oder verbrannt. Allein in Europa gehen dadurch pro Jahr über 16,5 Mio. Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub> ungenutzt verloren. Hinzu kommen die deutlich größeren Produktionskapazitäten in Asien und Nordamerika. Das Ziel des hier vorgestellten Projektes EH2C ist es, eine innovative Technologie zum Wasserstoffrecycling auf Basis eines elektrochemischen Kompressors in industrierelevantem Maßstab zu demonstrieren. Damit könnten große Anteile des im Abgas enthaltenen Wasserstoffs aufgereinigt, komprimiert und wieder im selben Prozess eingesetzt werden. Ein solcher Stoffkreislauf würde nicht nur für eine nachhaltigere Produktion sorgen, sondern je nach Randbedingungen an der jeweiligen Anlage auch wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen.

### Projektbeschreibung

Im Projekt EH2C wird ein erster Prototyp eines EHC-Recyclingsystems in industrierelevantem Maßstab geplant, aufgebaut, betrieben und optimiert. Das Ziel dabei ist eine ausreichend hohe Qualität des Wasserstoffs zu erreichen, um eine direkte Wiedereinspeisung in die Produktionsanlage zu ermöglichen, ohne den Prozess oder die Produktqualität negativ zu beeinflussen. Der Fokus der experimentellen Untersuchungen liegt dabei vor allem bei dem Einfluss kritischer Spurenstoffe auf die Membran-Elektroden-Einheit (MEA) des EHCs, der Messung der Qualität des recycelten Wasserstoffes und dessen Einfluss auf den Fertigungsprozess bzw. die Produktqualität.

Der elektrochemische Kompressor (EHC) als Kerntechnologie des Recyclingprozesses ist in der Lage, Wasserstoff mit vergleichsweise geringem Energiebedarf von anderen Bestandteilen im Gas-

strom zu trennen und zusätzliche eine Druckerhöhung zu realisieren. Der schematische Aufbau und das Funktionsprinzip eines EHCs sind in Abbildung 1 dargestellt.

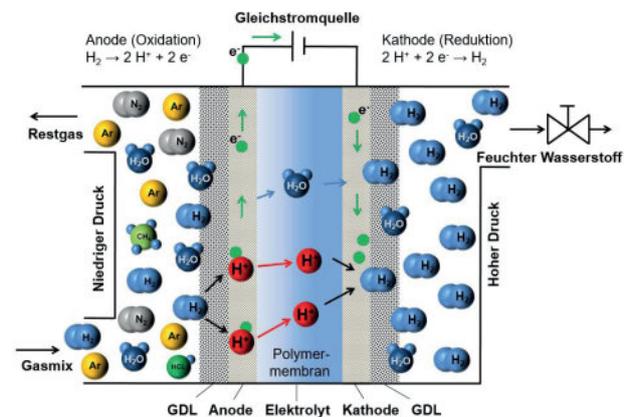


Abb. 1: Schematischer Aufbau und Funktionsweise eines EHCs

Allein über Diffusionsvorgänge gelangen andere Bestandteile des Abgases durch die Polymer-Elektroden-Membran (PEM) auf die Kathodenseite des EHCs. Um eine Kontamination der Produktionsanlage zu vermeiden, wird vor allem in der Halbleiterindustrie häufig eine hohe Reinheit des Prozessgases von 6N und höher vorausgesetzt. Um diese Qualität erreichen zu können, wird der Wasserstoff in der EHC-Recyclinganlage mit zwei seriell hintereinander positionierten EHC-Stapeln gereinigt und anschließend durch eine Trocknungseinheit geleitet (siehe Abbildung 2). Der erste Stapel ist dabei speziell für die Reinigung entwickelt worden, während der zweite Stapel neben der Reinigung noch eine Druckerhöhung des Wasserstoffs auf prozessrelevante Drücke ermöglicht.

Im Laufe des Projektes EH2C wird das EHC-Recyclingsystem an zwei Fertigungsprozessen mit unterschiedlichen Voraussetzungen und Anforderungen an den recycelten H<sub>2</sub> betrieben.

1. SiC-Beschichtungsanlage:
  - Geringer H<sub>2</sub>-Anteil im Abgas
  - Kritische Spurengase im Abgas
  - Niedrigere H<sub>2</sub>-Qualitätsanforderung
2. MOCVD-Anlage:
  - Hoher H<sub>2</sub>-Anteil im Abgas
  - Keine kritischen Spurengase
  - Sehr hohe H<sub>2</sub>-Qualitätsanforderung

Durch die Untersuchung speziell an diesen beiden

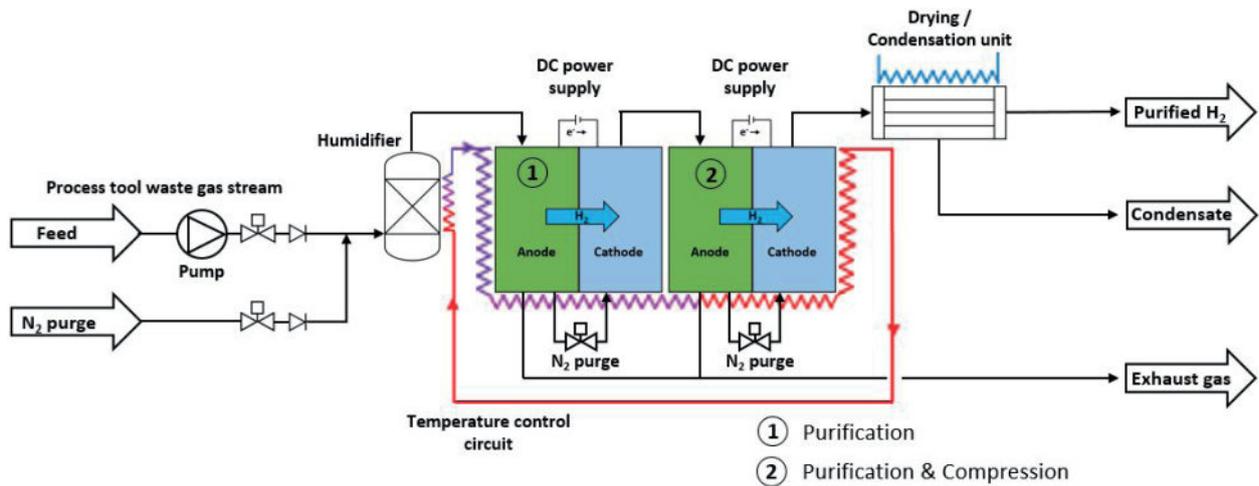


Abb. 2: Vereinfachtes Verfahrensfliessbild des EHC-Recyclingsystems

Prozessen kann die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit des H<sub>2</sub>-Recyclings von Industrieabgasen für einen breiten Anwendungsbereich geprüft werden. Alternativ zu der direkten Wiedereinspeisung in den Prozess wird analysiert, ob ein möglicher Einsatz des recycelten Wasserstoffs in anderen Industrieanwendungen oder im Verkehrssektor (Sektorkopplung) aus technologischer und wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist. Die Key-Performance-Indicators für eine erfolgreiche Markteinführung sind neben der Entwicklung des Energie- und grünen H<sub>2</sub>-Preises und der CO<sub>2</sub>-Bepreisung von Industrieprozessen vor allem die

- Energieeffizienz,
- Wasserstoffqualität,
- Langzeit-Performance,
- Zuverlässigkeit,
- Total Cost of Ownership

des H<sub>2</sub>-Recyclingsystems.

## Ergebnisse

Durch umfangreiche Vorversuche mit typischen Gaszusammensetzungen aus der Halbleiterindustrie an Einzelzellen im Wasserstofflabor der DHBW Mannheim konnte nachgewiesen werden, dass die kritischen Spurenstoffe im Abgas der SiC-Anlage keinen negativen Einfluss auf die Performance des EHCs haben. Daraufhin wurde das entwickelte EHC-Recyclingsystem erfolgreich in den SiC-Prozess integriert und in Betrieb genommen. Trotz der niedrigen H<sub>2</sub>-Anteile im Abgas von unter 15 % wurden Recyclingraten von über 75 % erreicht. Da Wasserstoff heutzutage noch überwiegend aus Erdgas hergestellt wird, lässt sich durch

diesen Stoffkreislauf bereits ein CO<sub>2</sub>-günstigerer und damit nachhaltigerer Fertigungsprozess realisieren. Die Qualitätsmessung des recycelten H<sub>2</sub> mit einem Massenspektrometer hat gezeigt, dass die Anforderungen an die Reinheit des H<sub>2</sub> für den SiC-Prozess trotz der niedrigeren Ausgangskonzentration im Abgas erfüllt werden können. Die Restbestandteile (Inertgase) hatten keinen negativen Einfluss auf den Fertigungsprozess.

Die Qualitätsuntersuchungen der Produkte bei dem Betrieb mit recyceltem H<sub>2</sub> sowie die energetische Betrachtung und der Betrieb des Recyclingsystems an dem MOCVD-Prozess stehen noch aus.



### Verbundpartner:

- centrotherm clean solutions GmbH & Co. KG (Koordinator)
- Fraunhofer ISE
- DHBW Mannheim
- FCT Systeme GmbH
- AZUR Space Solar Power GmbH
- HyET Hydrogen B.V. (assoziiert)



## Poster-Beiträge



# Personalisierte Ernährung und Künstliche Intelligenz – PersEKI Herausforderungen in der Implementierung von Gesundheitsförderung und Nachhaltigkeit

Cornelia Klug, Alexandre Parlesak, Hande Gagali, Katja Lotz (DHBW Heilbronn)

## Ausgangssituation

Ernährungsempfehlungen sind ein wichtiges Werkzeug bei der Minimierung des Anstiegs von Zivilisationskrankheiten in einer alternden Gesellschaft und der Einhaltung ökologischer Ziele. In ihrer allgemeinen Form berücksichtigen sie jedoch nicht die persönlichen Bedürfnisse, die von Alter, Geschlecht, anthropometrischen Kenndaten, dem genetischen Profil, weiteren individuellen Bioindikatoren und der persönlichen Ernährungspräferenz abhängen. Darüber hinaus besteht ein bislang nicht ausgeschöpftes Potenzial zur Gesundheitsförderung durch eine Personalisierung der Ernährung und Individualisierung von Menüverläufen in der öffentlichen Verpflegung. Die zentrale Herausforderung bei der Gestaltung zukünftiger Ernährungsstrategien ist eine optimierte Implementierung von Gesundheitsförderung und Nachhaltigkeit bei gleichzeitig maximierter Akzeptanz durch den Verbraucher.

## Projektplanung und Durchführung

Zur Bewältigung der o.g. Herausforderung bedarf es der Erfassung individueller, komplexer, longitudinaler Daten, die aus Routineuntersuchungen, genetischer Profilierung oder in Echtzeit, mit Hil-

fe von Sensoren erfasster biochemischer Daten stammen. Die Erarbeitung einer umfassenden Strategie, die zusätzlich Aspekte des Lebenszyklus, des Gesundheitszustandes (Abb. 1) und den individuell notwendigen Beitrag zur Erreichung ökologischer Ziele umfasst, ist ohne die Nutzung KI-basierter Strategien nicht vorstellbar, zumal zur Erreichung einer optimierten Akzeptanz auch Schmackhaftigkeit und der kulturell-sozioökonomische Hintergrund erfasst werden müssen.

Die Durchführung des Projektes PersEKI basiert auf den folgenden Schritten:

- Point-of-departure-Analyse mittels Sekundärforschung
- Erfassung allgemeiner und individueller Risiko(modulations)faktoren in einem Cross-industry standard process for data mining (CRISP-DM)
- Evidenz-basierte Optimierung, Künstliche Intelligenz / Machine Learning (ML), unter Verwendung von Python (Programmiersprache), Pytorch (ML), Numpy (Optimierung), Pandas (Datenanalyse), JSON (Datenaustausch)
- Zielgruppenorientierte partizipative qualitative und quantitative Forschungsansätze zur Erfassung der Effizienz der erarbeiteten Methoden

## Ein Pilotprojekt: Individualisierte, Akzeptanzoptimierte Gestaltung von Menüplänen in Betriebsrestaurants

Unsere Ernährung ist für etwa ein Drittel der globalen Treibhausgasemissionen (THGE) verantwortlich und beeinflusst das Risiko für nicht-übertragbare, chronische Erkrankungen maßgeblich. Mit >12 Milliarden Nutzer\*innen pro Jahr stellt die Außer-Haus-Verpflegung (AHV) eine zentrale Plattform für eine Ernährungstransformation dar, systemrelevant eine Ernährung sicherzustellen, die gleichzeitig gesundheitsfördernd und klimafreundlich ist.

In dieser Studie sollte – vorläufig mit Hilfe eines deterministischen Verfahrens – die Anwendbarkeit einer Akzeptanz-optimierten Menülinie in der AHV untersucht werden, die den Ansprüchen an Klimafreundlichkeit und Ernährungsphysiologie genügt.

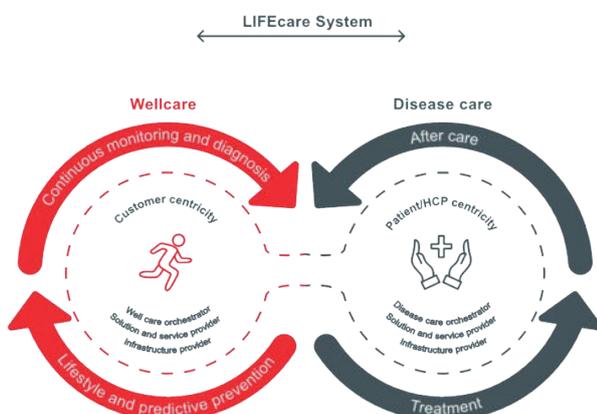


Abb. 1: Implementierung Nutzer\*innen-orientierter, personalisierter Parameter in Abhängigkeit vom Gesundheitsstatus

## Methoden

Das 2-wöchige Angebot eines Betriebsrestaurants wurde mittels linearer Optimierung hinsichtlich der essenskulturell bedingten, Kantinen-spezifischen Akzeptanz optimiert, wobei alle erforderlichen Begrenzungswerte hinsichtlich THGE, Nährstoffadäquanz und Kosten eingehalten wurden [1]. Im Rahmen eines Kompromissprozesses, an dem die Kantinenbetreiber eine entscheidende Rolle hatten, mussten geringfügige Abstriche bei der Nährstoffadäquanz (Erfüllung der Zufuhrempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung) gemacht werden.

## Ergebnisse

Im Interventionszeitraum wurden von den parallel täglich 7-8 angebotenen, regulären Menülinien insgesamt 5540 Portionen verkauft, von der klimafreundlichen Linie insgesamt 1136. Die mit der Herstellung der Rohwaren verbundenen THGE betragen bei den herkömmlichen, parallel ausgeteilten Menülinien für alle ausgeteilten Portionen insgesamt 12,3 Tonnen CO<sub>2</sub>eq, für die klimafreundliche Linie waren es insgesamt 0,52 Tonnen CO<sub>2</sub>eq. Standardisiert auf die Anzahl der ausgegebenen Gerichte entspricht das im Mittel ( $\pm$  SD) 524  $\pm$  200 g CO<sub>2</sub>eq für die klimafreundlichen Gerichte und 1941  $\pm$  1533 g CO<sub>2</sub>eq für die Alternativen. Demnach war der CO<sub>2</sub>eq-Ausstoß der klimafreundlichen Gerichte im Schnitt um 73% niedriger (-1417 g CO<sub>2</sub>eq/Mahlzeit) als der der regulären Mahlzeiten und somit hochsignifikant niedriger ( $p < 0,001$ ). Die standardisierten Tellerabfälle waren bei der klimafreundlichen Menülinie durchgehend geringer (Abb.2).

Beide Arten von Menülinien wurden von den Konsumenten als vergleichbar akzeptabel empfunden. Erwartungen an Klimafreundlichkeit und Gesundheitsförderungspotential der Gerichte waren konkordant ( $p < 0,001$ ).

## Zusammenfassung und Ausblick

Deterministische Verfahren können einen wichtigen Beitrag zur Transition zu einer optimierten, klimafreundlichen und gesundheitsfördernden Ernährung leisten, die kantinen- oder individuellen Ansprüchen genügt. Diese, im Bereich der AHV erzielten Ergebnisse [2], sollen auch im Rahmen der personalisierten Ernährung etabliert werden.

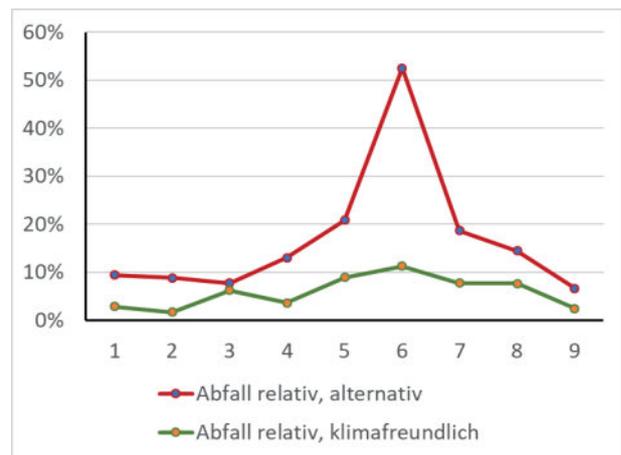


Abb. 2: Relative Gewichte des Tellerabfalls der beiden Menütypen, gemessen an der ausgeteilten Menge

Von der Einbindung von KI-Modulen kann eine Verbesserung dieser Methodik erwartet werden. Aufgrund der Relevanz dieses Themas wird an der DHBW Heilbronn die Einrichtung des Studiengangs „Personalisierte Ernährung“ mit studienangestrebter Forschung angestrebt, bei dem die Absolvent\*innen die Kompetenz besitzen, die angesprochenen Probleme auf gesellschaftsrelevanter Ebene zu lösen.

## Quellen

1. Masino T, Colombo PE, Reis K, Tetens I, Parlesak A. (2023) Climate-friendly, health-promoting, and culturally acceptable diets for German adult omnivores, pescatarians, vegetarians, and vegans - a linear programming approach. *Nutrition*. 109:111977.
2. Gagali H, Klug C, Lotz K, Parlesak A. (2023) Einführung einer klimafreundlichen, nährstoffadäquaten, kostenneutralen und akzeptanzorientierten Menülinie in der Außer-Haus-Verpflegung mit Hilfe linearer Programmierung. *Proceedings of the German Nutrition Society* 29:68

## Einfluss der Gestaltung des Gebärraums auf die Arbeitszufriedenheit von Hebammen – eine Querschnittserhebung

Sonja Wangler (DHBW Stuttgart), Gertrud Ayerle (MLU Halle-Wittenberg); Anke Simon (DHBW Stuttgart)

### Hintergrund

Mit der medizinischen Versorgung von Frauen und Familien leisten Hebammen einen wichtigen Beitrag für den gesunden Start ins Leben. Ziel ihrer Arbeit ist die Förderung einer komplikationsarmen Schwangerschaft, Geburt und des Wochenbettverlaufs.<sup>1</sup> Damit tragen Hebammen zum Erreichen der in der Agenda 2030 formulierten Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (SDGs) im Bereich der Gesundheit bei. Durch Personalmangel entstehen weltweit Engpässe, die mit einer zunehmenden Arbeitsbelastung für Hebammen einhergehen und zu qualitativen Einbußen in der Versorgung von Mutter und Kind führen. Gleichzeitig führen ein hoher bürokratischer und administrativer Aufwand, aber auch die Medikalisierung und Technisierung der Geburtshilfe zu einer Verschlechterung der Arbeitsbedingungen für Hebammen.<sup>2</sup> Diese Bedingungen, vor allem in der klinischen Geburtshilfe, beeinflussen die Arbeitszufriedenheit negativ und erhöhen den Wunsch von Hebammen, den Arbeitsplatz zu wechseln oder aus dem Beruf auszusteigen.<sup>3</sup> Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, sind neue Erkenntnisse notwendig, wie die Arbeitszufriedenheit von Hebammen positiv beeinflusst werden kann. In der Forschung zur Arbeitszufriedenheit wird zunehmend auf die Bedeutung der Arbeitsumgebung hingewiesen. Einflüsse von räumlicher Umgebung auf das Personal werden beschrieben.<sup>4</sup> Diese Studie untersucht die Arbeitszufriedenheit von Hebammen im klinischen Setting, deren Einflussfaktoren und den Einfluss der Gestaltung des Gebärraums auf die Arbeitszufriedenheit von Hebammen.

### Methode

Die Untersuchung ist eingebettet in die klinische Studie „Be-Up: Geburt aktiv“ (Birth environment – Upright position). Hier wurde von 2018 bis 2021 in

22 geburtshilflichen Abteilungen in Deutschland ein alternativer Gebärraum (Be-Up Gebärraum) eingeführt. Im Be-Up Gebärraum wurde das zentrale Gebärbett entfernt (oder verborgen), es gab Elemente zur Förderung der aufrechten Position der Gebärenden, dimmbares Licht, einen Bildschirm mit Naturaufnahmen und –geräuschen und eine Snackbar.<sup>5</sup> Um den Einfluss der Gestaltung des Gebärraums auf die Arbeitszufriedenheit zu untersuchen, wurde nach Abschluss der Be-Up-Studie eine vergleichende Querschnittserhebung online durchgeführt. Hierfür wurde ein Fragebogen mit 50 Items entwickelt und validiert (AZRaH).



Abb. 1: Be-Up Gebärraum

Die Stichprobe bestand aus Hebammen, deren geburtshilfliche Abteilungen an der Be-Up-Studie teilgenommen haben und als Vergleichsgruppe Hebammen anderer geburtshilflichen Abteilungen in Deutschland. Zunächst wurden die beiden voneinander unabhängigen Stichproben hinsichtlich ihrer soziodemografischen Charakteristika verglichen. Für beide Gruppen wurde für jede der Dimensionen des Fragebogens ein Mittelwert errechnet. Die beiden unabhängigen Gruppen wurden mittels t-Tests verglichen; Zusammenhänge und Einflussfaktoren wurden mittels linearer Regression untersucht.

### Ergebnisse

312 Hebammen nahmen an der Befragung teil (Be-Up-Gruppe: n=84, Vergleichsgruppe: n=228). Alter, Berufserfahrung, Anstellungsumfang und Anstellungsform der teilnehmenden Hebammen unterschieden sich in beiden Gruppen nicht signifikant. Hinsichtlich der Versorgungsstufe der Klinik unterschieden sich die Gruppen leicht, die Hebammen der Be-Up-Gruppe arbeiten eher in

Krankenhäusern einer niederen Versorgungsstufe (Level III und IV), während die Hebammen der Vergleichsgruppe etwas häufiger in Perinatalzentren Level 1 und 2 arbeiteten (U (N1=76, N2=206) =6618.5,  $z=-2.183$ ,  $p=.029$ ,  $r=0.168$ ). Auch bezüglich der Unterbesetzung unterschieden sich die Gruppen leicht. Die Be-Up-Gruppe gab signifikant weniger häufig Unterbesetzung an (U (N1=70, N2=195) =5722.00,  $z=-2.150$ ,  $p=0.32$ ,  $r=0.13$ ). Besonders unzufrieden waren die Hebammen beider Gruppen mit der Zeit, die ihnen für die Betreuung von gebärenden Frauen zur Verfügung steht und mit ihrem Gehalt.

Die Ergebnisse der t-Tests ergaben eine statistisch signifikant höhere globale Arbeitszufriedenheit ( $t(172) = 3.67$ ,  $p = .001$ ,  $d = 0.44$ , 95% CI [0.27, 0.90]) und eine höhere Zufriedenheit mit der Teamunterstützung der Hebammen im Be-Up-Raum ( $t(307) = 2.10$ ,  $p = .036$ ,  $d = 0.36$ , 95% CI [0.02, 0.58]). Hebammen, die in herkömmlichen Gebärräumen arbeiten, waren jedoch zufriedener mit der Gestaltung des Raums ( $t(284) = -3.25$ ,  $p = .001$ ,  $d = -0.44$ , 95% CI [-0.94, -0.23]) (siehe dazu auch Abb.2).

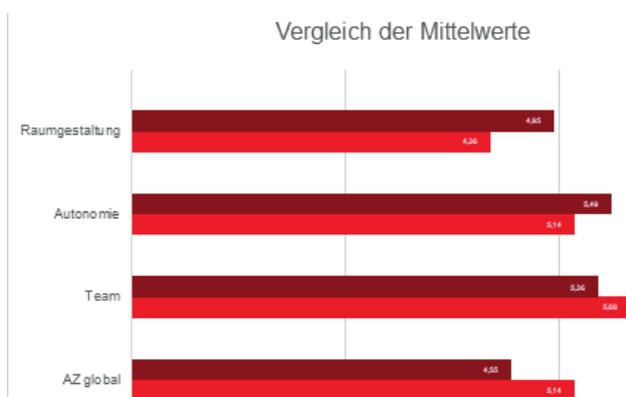


Abb. 2: Mittelwerte der Gruppen im Vergleich

Die multiple lineare Regression zeigte Teamfaktoren und Unterbesetzung als wichtigste Prädiktoren für die Arbeitszufriedenheit in beiden Gruppen.

### Diskussion/Schlussfolgerung

Die große Bedeutung des Teams auf die Arbeitszufriedenheit verdeutlicht das Potenzial von Maßnahmen zur Förderung der Zusammenarbeit, wohingehend der negative Einfluss der Unterbesetzung einen dringenden Handlungsbedarf in Praxis, Forschung und Politik unterstreicht.

Gründe für die geringere Zufriedenheit mit der Arbeitsumgebung in der Be-Up-Studie können durch Unsicherheit in der Handlungspraxis, besonders bezogen auf das Notfallmanagement in einer neuen und ungewohnten Umgebung erklärt werden. Darüber hinaus scheint die Auswirkung eines einzelnen umgestalteten Gebärraums innerhalb einer herkömmlichen geburtshilflichen Abteilung auf die Arbeitszufriedenheit gering zu sein, da der Raum in das Setting der Abteilung eingebettet ist. Eine Verzerrung ergibt sich in dieser Erhebung möglicherweise daraus, dass die Hebammen der Vergleichsgruppe zur Bewertung den Gebärraum in ihrer Abteilung aussuchten, in dem sie am liebsten Frauen betreuten. Dies könnte die Zufriedenheit der Vergleichsgruppe mit der Raumgestaltung überhöht positiv erfasst haben. Weitere Forschung zum Einfluss der Arbeitsumgebung auf die Arbeitszufriedenheit von Hebammen wird benötigt. Eine Veränderung der klinischen Praxis und Arbeitsumgebung ist erforderlich, um die qualitativ hochwertige Versorgung von Frauen und Kindern sicherzustellen und damit ihre Gesundheit nachhaltig zu fördern.

### Quellen

- 1 Renfrew, M. J., McFadden, A., Bastos, M. et al.: Midwifery and quality care: findings from a new evidence-informed framework for maternal and newborn care. *The Lancet*, 2014, 384, 1129-1145.
- 2 Bloxsome, D., Ireson, D., Doleman, G. et al: Factors associated with midwives' job satisfaction and intention to stay in the profession: An integrative review. *J. of clinical nursing*, 2019, 28(3-4):386-399.
- 3 Albrecht, M., Loos, S., Heiden an der, I. et al.: Stationäre Hebammenversorgung (2019).
- 4 Vischer, J. C: The effects of the physical environment on job performance: towards a theoretical model of workspace stress. *Stress and health: J. of the International Society for the Investigation of Stress* 2007, 23(3):175-184.
- 5 Ayerle, G.M., Schäfers, R., Mattern, E. et al.: Effects of the birthing room environment on vaginal births and client-centred outcomes for women at term planning a vaginal birth: BE-UP, a multicentre randomised controlled trial. *Trials* 19, 641 (2018).

## Virtuelle Lerntheken im Gesundheitswesen – wie Digitalisierung in der Lehre nachhaltig verankert werden kann

Amelie Büchler (Education Competence Center),  
Margrit Ebinger, Bettina Flaiz, Anke Simon (DHBW  
Stuttgart)

### Ausgangssituation

In verschiedenen Beiträgen wird aktuell und eigens für Hochschulen bezüglich der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) eine kritische Einschätzung vorgenommen (Artmaier et al. 2021). Im Gutachten von Anders et al. (2021) weiß demnach die Mehrheit der Studierenden nichts über die Ziele, die mit einer nachhaltigen Entwicklung an ihrer Hochschule angestrebt werden (Anders et al. 2021). Zudem werden die Fragen aufgeworfen, welche „Kompetenzen im Rahmen von BNE gefördert werden sollen, durch welche Lehr-Lern-Formate der Erwerb entsprechender Kompetenzen am besten gefördert und wie der Kompetenzerwerb empirisch überprüft werden kann“ (Anders et al., 2021). Vor diesem Hintergrund stellt die Entwicklung und Integration eines innovativen digitalen Lehr-Lernformat in Form von Virtuellen Lerntheken (VLT) eine Antwortoption auf diese Fragen dar, welches darüber hinaus aufgrund seiner Konzeption zugleich zwei von insgesamt 17 sogenannten Sustainability Development Goals (SDGs) verfolgt (Hoch 2021). VLT sind ein digitales Lehr-Lernformat, die zunächst speziell für die Gesundheitsstudiengänge an der DHBW entwickelt und erprobt werden.

### Projektdurchführung

Die Entwicklung erfolgt im Rahmen des Förderprojekts EdCoN, speziell durch das Education Competence Center 5 (ECC5). Dabei ist die VLT eine Form des offenen Unterrichts, bei der ein Oberthema in verschiedene Unterthemen unterteilt wird, die von den Lernenden in verschiedenen Stufen selbstständig erarbeitet werden. Die Prinzipien der Lerntheke – insbesondere die Studierendenorientierung, das selbstständige Arbeiten, der Einsatz verschiedenster Lernmaterialien, die Maxime des entdeckenden und konstruktiven Lernens – kommen auch in den virtuellen Lernthe-

ken im Rahmen des ECC5 zum Einsatz. Folglich wird in der VLT mit dem Fokus auf eine hochwertige Bildung, die wiederum die Zielsetzungen der SDG 4 repräsentieren, die Gewährleistung von inklusiver, gleichberechtigter und hochwertiger Bildung und die Förderung von Möglichkeiten des lebenslangen Lernens für alle unterstützt. Das EdCoN Projekt hat das Ziel, die Qualität der Lehre für die Zukunft zu sichern und durch die Digitalisierung den Zugang zur Bildung zu erleichtern. Im Zuge von BNE sollen Personen dazu befähigt werden, die Zukunft in einer globalisierten Welt aktiv, eigenverantwortlich und verantwortungsbewusst zu gestalten (Kühnert 2019).

Bislang konzipiert und teils erprobt als VLT sind: eine Lerntheke zur Durchführung von Patientensimulationen mit Augmented Reality, eine VLT zur digitalen Unterstützung im wissenschaftlichen Arbeiten in Form eines Web Based Trainings, ein Inverted Teaching Modul zum „Entdecken mentaler Fähigkeiten“ und zwei Massive Open Online Courses (MOOCs) zu Kommunikation und Umgang mit aggressivem Verhalten. Alle bislang entwickelten VLT weisen neben dem Bezug zum SDG 4 aufgrund ihres inhaltlichen Designs starke Bezugspunkte zur Nachhaltigkeit und insbesondere zum SDG 3 auf, dessen Zielsetzung es ist, „ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters [zu] gewährleisten und ihr Wohlergehen [zu] fördern“ (BMZ, Agenda 2030). Darüber hinaus bieten die VLTs eigens für Gesundheitsstudiengänge in mehrererlei Hinsicht ein großes Potenzial. Digitale Kompetenzen in den Gesundheitsberufen sind insbesondere für eine reflektierte Handhabung digitaler Technologien in einem zukünftig digitalisierten Gesundheitswesen mit elektronischen Patientenakten oder telemedizinischen Angeboten von großer Bedeutung und es wird darin eine notwendige Kompetenzerweiterung für Lehrende und Lernende gesehen (Ortmann-Welp, 2021; Hofstetter et al., 2022; Sachverständigenrat, 2021). Festzustellen ist, dass der nachhaltige Aufbau von Wissen und Fähigkeiten auch im Bereich der Digitalisierung im Gesundheitswesen ein wesentliches Element in der Aus- und Weiterbildung sein muss, da die Digitalisierung die Patientensicherheit und Verbesserung der Gesundheitsversorgung zukünftig noch mehr unterstützen wird. Laut Koch et al. (2019) bietet Blended Lear-

ning für Lehrende und Studierende einen großen Mehrwert. Dabei sind Qualitätsstandards, curriculare Konzepte und eine entsprechende Pflege didaktik unabdingbar (Koch et al., 2019, S. 32). Auch im ECC5 sind die Fragen nach didaktischem Design, Konzeption und empirischer Überprüfung insbesondere in Hinsicht auf die Erreichung von SDG 3 und 4 Bestandteil einer kritischen Reflexion, um das Ziel einer tatsächlichen Verankerung von Nachhaltigkeit auf allen Ebenen der VLT zu erreichen und Nachhaltigkeit nicht nur als „Buzz-Word“ einzusetzen. Diese Fragen stellen dabei ebenso Bezugspunkte für das Forschungsdesign dar, wobei eine multiperspektivische Ausrichtung zu beschreiben ist.

## Ergebnisse

Im Rahmen der Evaluations- und Bildungsforschung wird jede der konzipierten Lerntheiken zunächst einzeln evaluiert. Diese singulären Ergebnisse, die unterschiedliche Foki aufweisen, wie zum Beispiel Usability oder Kompetenzerwerb, werden in einem weiteren Schritt auf einer gemeinsamen Ebene zusammengefügt, um daraus (Weiter)Entwicklungspotenziale abzuleiten. Es finden sich im Forschungsdesign somit quantitative Elemente, beispielsweise mittels Fragebögen sowie qualitative Elemente, wie zum Beispiel semi-strukturierte Leitfadenterviews oder Fokusgruppen-Interviews. Im ersten Schritt liegen bereits Ergebnisse für die beiden entwickelten MOOCS vor, wobei hier das wesentliche Interesse der Usability galt, die im Rahmen der Erprobung untersucht wurde. Darüber hinaus zeichnen sich für die Durchführung von Patientensimulationen mit Augmented Reality auf Basis der Fokusgruppen-Interviews, denen sich eine kategoriale Auswertung anschließt, die ersten Ergebnisse ab. Die Untersuchung der weiteren Lerntheiken schließt sich im Sommer und Herbst 2023 an.

## Quellen

Anders, Y.; Daniel, H.D.; Hannover, B.; Köller, O.; Lenzen, D.; McElvany, N.; Roßbach, H.; Seidel, T.; Tippelt, R.; Wößmann, L. (2021). Aktionsrat Bildung, Gutachten. Nachhaltigkeit im Bildungswesen – was jetzt getan werden muss. Aufgerufen: [https://www.pedocs.de/volltexte/2021/21350/pdf/vbw\\_2021\\_Nachhaltigkeit\\_im\\_Bildungswesen.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2021/21350/pdf/vbw_2021_Nachhaltigkeit_im_Bildungswesen.pdf). Stand: 01.02.2023.

Artmaier, L.; Biller, K.; Firmhofer, A.; Gebauer, R. Rink, D. (2021). BNE-Definition: Herleitungen und Einordnung. In: BNE-Kompetenzzentrum (Hrsg.). Strukturelle Verankerung

von Bildung für nachhaltige Entwicklung in kommunale Bildungslandschaften. Forschungs- und Diskussionsstand. Aufgerufen: [https://www.bne-portal.de/SharedDocs/Publikationen/de/bne/kompetenzzentrum\\_diskussionspapier.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bne-portal.de/SharedDocs/Publikationen/de/bne/kompetenzzentrum_diskussionspapier.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Stand: 01.02.2023.

Hoch, C. (2021). Bildung für nachhaltige Entwicklung: Historischer Überblick und politische Rahmung. In: BNE-Kompetenzzentrum (Hrsg.). Strukturelle Verankerung von Bildung für nachhaltige Entwicklung in kommunalen Bildungslandschaften. Forschungs- und Diskussionsstand. Aufgerufen: [https://www.bne-portal.de/SharedDocs/Publikationen/de/bne/kompetenzzentrum\\_diskussionspapier.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bne-portal.de/SharedDocs/Publikationen/de/bne/kompetenzzentrum_diskussionspapier.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Stand: 01.02.2023.

Hofstetter, S.; Lehmann, L.; Zilezinski, M.; Steindorff, J.V.; Jahn, P., Paulicke, D. (2022). Vermittlung digitaler Kompetenzen in der Pflegeausbildung – eine Vergleichsanalyse der Rahmenpläne von Bund und Ländern. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 65(9), 891-899. doi: 10.1007/s00103-022-03575-2

Koch, L.F.; Faßhauer, U.; Reiber, K. (2019). E-Learning in der hochschulischen Pflegeausbildung in Deutschland und die Rolle von Hochschullehrenden - eine Delphi-Erhebung, Pflege, 32(1), 31-46.

Kühnert, T. (2019). Bildung für nachhaltige Entwicklung. Eine Einführung. Aufgerufen: <https://www.bpb.de/lernen/digitale-bildung/werkstatt/296913/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung-eine-einfuehrung/>. Stand: 01.02.2023.

Ortmann-Welp E. (2021). Digitale Kompetenzen für Lehrende und Lernende. Pflege Zeitschrift, 74(4), 40–44. <https://doi.org/10.1007/s41906-021-0999-5>

Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen: Digitalisierung für Gesundheit, Ziele und Rahmenbedingungen eines dynamisch lernenden Gesundheitssystems (2021): [https://www.svr-gesundheit.de/fileadmin/Gutachten/Gutachten\\_2021/SVR\\_Gutachten\\_2021.pdf](https://www.svr-gesundheit.de/fileadmin/Gutachten/Gutachten_2021/SVR_Gutachten_2021.pdf)

## Nachhaltigkeit trotz Schnellebigkeit: Aspekte der Nachhaltigkeit im Curriculum der Informatik

Falko Kötter, Monika Kochanowski (DHBW Stuttgart)

Auf der Welt sind über 6 Milliarden PCs und Smart Devices in Betrieb. Zählt man all die unsichtbaren Computer in Embedded Systems hinzu, so gibt es mehr Computer als Menschen auf der Welt.

Die IT-Branche ist als schnelllebig bekannt. Ständig entstehen neue Varianten von Hardware, Betriebssystemen und Programmiersprachen. Gleichzeitig werden Softwaresysteme und die darauf gespeicherten Daten langlebiger und vernetzter. Trotz dieses Spagats ist es für IT-Unternehmen [1] und Unternehmen mit Nutzung von IT wichtig, die ESG-Kriterien (Environment, Social, Governance) einzuhalten, um Digitalisierung nachhaltig zu gestalten.

In dieser Arbeit wird in vier Themenfeldern aufgezeigt, wie Informatik-Studierende der DHBW zur Achtung der Nachhaltigkeit befähigt werden können, und wo diese Aspekte ins Curriculum der Informatik passen. Dazu wurden die 152 Module der Reakkreditierung 2024 untersucht.

### Green IT

IT hat das Potenzial, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, zum einen durch das Sparen von Wegen und Papier, zum anderen durch effizientere Planung (z. B. von Routen oder Energienutzung). Andererseits belastet IT durch Energie- und Ressourcenverbrauch in Produktion und Betrieb die Umwelt. Das Feld der Green IT hat zum Ziel, diese Belastungen zu mindern [2]. Auf Softwareseite umfasst dies z. B. effizientere Algorithmen und Systeme, auf Hardwareseite Virtualisierung, Reparierbarkeit, Recycling und Energieeffizienz.

Informatiker\*innen müssen in der Lage sein, die Umweltfolgen ihrer Entwurfsentscheidungen zu begreifen und Systeme so zu bauen, dass unnötige Umweltbelastungen vermieden werden. Dieses Thema zieht sich durch das ganze Studium, von der theoretischen Informatik (Algorithmeneffizienz) bis hin zum Design von großen Softwaresystemen und -netzwerken. Nachhaltigkeitsaspekte finden sich in vielen dieser Module, wobei oft andere Begriffe wie „Effizienz“ und „Skalierbarkeit“

verwendet werden. Hier könnte die Brücke zur Nachhaltigkeit in den Modulbeschreibungen noch expliziter geschlagen werden.

Die Lehrveranstaltungen „Nachhaltigkeit und Digitalisierung“ sowie „Nachhaltigkeit in der IT“ stellen das Thema explizit in den Mittelpunkt.

### Nachhaltige Sicherheit

Software hat unsere Gesellschaft durchdrungen. Von kritischen Infrastrukturen bis in die private Lebensgestaltung verlassen sich Menschen auf sichere und zuverlässige Software. Gleichzeitig nehmen Bedrohungen in einer vernetzten Welt stetig zu. Angriffe erzeugten 2021 einen Schaden von 223 Mrd. Euro für deutsche Unternehmen [3]. Ein Grundsatz besagt, dass eine vollständige Sicherheit gegen Angriffe nicht möglich ist, sondern dass Sicherheit ein kontinuierlicher Prozess ist [4]. Dieser Prozess muss nachhaltig im Unternehmen verankert werden, wozu ein langfristiges Nachdenken über Bedrohungen notwendig ist, das den gesamten Produktlebenszyklus umfasst. Mit dem Cyber Resilience Act [5] und neuen Regelungen zur Produkthaftung im Bereich Software wird dies zunehmend auch zur Pflicht.

Unsere Studierenden, die die Systeme der Zukunft entwickeln, müssen sich dieser Verantwortung bewusst sein und Strategien erlernt haben, Software von Beginn an sicher zu entwickeln und zu betreiben. In der Lehre ist dies in der IT-Security mit entsprechenden Schwerpunkten, aber auch in Software Engineering und Projektmanagement zu betrachten. Das Modul „Security By Design“ verbindet beide Aspekte. Darüber hinaus sind in zahlreichen Modulen Aspekte der Risikoanalyse von IT-Einsatz, des ethischen und verantwortungsvollen Handelns, sowie der Technologiefolgenabschätzung für Betroffene explizit berücksichtigt.

### Nachhaltiger Umgang mit Daten

Wenn Software personenbeziehbare Daten verarbeitet, muss neben dem Schutz von Systemen auch der Datenschutz mitgedacht werden. Über Sicherheitsbetrachtungen hinaus sind hier auch ethische Konsequenzen für Datensubjekte und die Gesellschaft zu betrachten. Die DSGVO hat hier bereits zu einem Umdenken in Unternehmen geführt. Konzepte wie Datensparsamkeit und das Recht auf Vergessen müssen in Softwaresysteme-

men berücksichtigt werden, insbesondere bei Datentransfers ins Ausland und zu Cloud-Anbietern. In der Lehre sind diese Themen speziell im wachsenden Bereich Data Science und KI wichtig, da hier Daten die Grundlage jeden Arbeitens sind, und daher besonders hohe Potenziale, aber auch Risiken bestehen. Im Modulhandbuch sind diese Themen erwähnt, könnten aber zum Teil noch expliziter im Lehrplan beschrieben werden. Explizit berücksichtigt sind diese Themen ebenfalls in „IT-Recht“ und in „Informatik und Ethik“ sowie „Data Security“.

### **Nachhaltige Softwareentwicklung**

Schon das Jahr-2000-Problem zeigte, dass Softwaresysteme oft langlebiger sind als angenommen. Inzwischen ist davon auszugehen, dass erfolgreiche Systeme ihre Schöpfer\*innen überleben. Das birgt Herausforderungen mit sich, wenn zugrundeliegende Software und Hardware veralten. Schon heute schafft dies Probleme, z. B. bei der Suche nach COBOL-Developern. Wartungskosten bei Software sind höher als die Entwicklungskosten. Zudem gibt es einen Zusammenhang zwischen Wartbarkeit und Ressourcenverbrauch [6]. In der Lehre muss dieser langfristige Aspekt vermittelt werden, damit die Studierenden schon in der Entwicklung nachhaltige Technologie- und Entwurfsentscheidungen treffen. Gleichzeitig müssen sie darauf vorbereitet werden, in der Wartung von Systemen zu arbeiten, die sie selbst nicht implementiert haben. Dies ist besonders spannend, da aufgrund des Intensivstudiums aus Sicht der Studierenden jedes Projekt kurzlebig zu sein scheint.

Diese Themen werden umfangreich in den Lehrveranstaltungen des Software Engineering und Projektmanagements berücksichtigt.

### **Fazit**

Informatik ist heute schon Komponente vieler nachhaltiger Technologien wie dem Smart Grid, Elektrofahrzeugen und intelligenter Logistik. Aber auch die IT selbst kann einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten, wenn der Fokus bei der Gestaltung auf Nachhaltigkeit gelegt wird – Aspekte wie Energieeffizienz, Datensparsamkeit, Reparierbarkeit, Sicherheit und Software-Wartbarkeit sorgen dafür, dass IT-Systeme nicht nur kurzfristige Vor-

teile bringen, sondern trotz der Schnelllebigkeit der Branche langlebig und nachhaltig betrieben werden können.

Vielen Studierenden ist das Thema Nachhaltigkeit schon heute wichtig. So prüften Studierende dieses Jahr im Integrationsseminar, ob die Abwärme von Servern zweitverwertet werden kann, wie man durch Deduplikation von Daten CO<sub>2</sub> einspart, und wie man mittels Ansätzen aus Computerspielen Privathaushalte zum Energiesparen motiviert. Dieses Interesse sollte bei der Fortentwicklung des Studiengangs Informatik berücksichtigt werden – insbesondere sollten die Nachhaltigkeitssimplikationen technischer Aspekte aufgezeigt werden, auch wenn die Informatik traditionell eher in unmittelbaren technischen Eigenschaften denkt.

Das Curriculum der Informatik kann dazu beitragen, die Fachkräfte von morgen für die vier Nachhaltigkeitsthemen zu sensibilisieren und ihnen die notwendigen Werkzeuge zu geben.

### **Quellen**

- [1] A. A. Egorova, S. V. Grishunin und A. M. Karminsky, „The Impact of ESG factors on the performance of Information Technology Companies,“ *Procedia Computer Science*, Bd. 199, pp. 339-345, 2022.
- [2] S. Murugesan, „Harnessing Green IT: Principles and Practices,“ *IT Professional*, Bd. 10, Nr. 1, pp. 24 - 33, 07 02 2008.
- [3] A. Streim, „Pressemitteilung,“ bitkom, 2022. [Online]. Available: <https://www.bitkom.org/>
- Presse/Presseinformation/Wirtschaftsschutz-2022. [Zugriff am 8 2 2023].
- [4] C. Eckert, *IT-Sicherheit*, München: Oldenburg Verlag, 2013.
- [5] C. R. GmbH, „The European Cyber Resilience Act (CRA),“ Cyber Risk GmbH, [Online]. Available: <https://www.european-cyber-resilience-act.com/>. [Zugriff am 08 02 2023].
- [6] J. Mancebo, C. Calero und F. García, „Does maintainability relate to the energy consumption of software? A case study,“ *Software Quality Journal*, Bd. 29, p. 101–127, 2021.

## Nachhaltiges Knowledge Sharing im Digital Student-Life-Cycle

Stephanie Schoch, Svenja Wiechmann, Claudia Münch-Dinkel (DHBW Heilbronn)

### Ausgangssituation

„Wenn die DHBW wüsste, was die DHBW alles weiß“ .... Das Wissen um, der Zugriff auf sowie das Teilen von Informationen im Sinne des Knowledge Sharing stellt in diesem Zusammenhang die Möglichkeit dar, Bildung nachhaltig, hochwertig, für alle zugänglich und durchgängig zu gestalten. Darüber hinaus wird auf diese Art und Weise das Ziel 4 der Sustainable Development Goals (SDG) der Vereinten Nationen (Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten des lebenslangen Lernens für alle fördern) aktiv unterstützt.

### Theoretisches Konstrukt

Neben dem Wissensmanagement (Knowledge Management) und dem Wissenserwerb (Knowledge Acquisition) definiert der Wissensaustausch (Knowledge Sharing) den Akt des gegenseitigen Wechsels von Informationen oder das Verständnis einzelner Wissens Elemente zwischen Einzelpersonen, Teams, Gruppen oder Organisationen (Balle et al., 2020). Knowledge Sharing ist zentral beim Wissensmanagement und stellt einen dynamischen Prozess dar, Bildung nachhaltig zu gestalten. Konkret bildet Knowledge Sharing den Weg ab, in dem eine Einheit (bspw. eine Gruppe oder Abteilung) einen Einfluss auf eine andere Einheit hat, moderiert durch den Wissensaustausch einer Erfahrung. Innerhalb diesem gibt es zwei parallel ablaufende Prozesse: Knowledge Donation und Knowledge Collection. Die eine Gruppe spendet das intellektuelle Kapital (Knowledge Donation), die andere Gruppe empfängt und sammelt dasjenige (Knowledge Collection) (Balle et al., 2020, p. 1945).

Auf Basis aktueller Studien (Al-Kurdi et al., 2020; Akram et al., 2019, Balle et al., 2020; Muhammed & Zaim, 2020; Ravikumar et al., 2022) stellt sich die Frage, inwieweit das theoretische Konstrukt des Knowledge Sharing Potential bietet, um die bestehenden Wissens Elemente der Studierenden mit den Kommiliton:innen zu teilen, z. B. durch

tutorielle Betreuung innerhalb/außerhalb des Kurses, gegenseitiges Feedback oder Wissensaustausch in Gruppenarbeiten. Darüber hinaus ist in Erfahrung zu bringen, inwieweit das Knowledge Sharing einen Einfluss auf die Sustainable Business bzw. Study Performance hat.

### Projekt

Ein Ziel des Teilprojekts Education Competence Center 7 (ECC7, Projekt EdCon) ist ein digitalisierter Student-Life-Cycle durch die Konzeption einer digitalen Plattform mit unterschiedlichen Funktionalitäten für die Studierenden und weiteren Stakeholder sowie der Anbindung/Integration verschiedenster Systeme, z. B. einer Anrechnungs- und Anerkennungsdatenbank. Hierüber soll der Informationsaustausch und die Kommunikation zwischen den Stakeholdern Studierende, Duale Partner, Professor:innen und Mitarbeiter:innen zu jeder Phase des Student-Life-Cycles an den Lernorten Duale Hochschule (vorwiegend Theorie) und Dualer Partner (vorwiegend Praxis) standortübergreifend ermöglicht werden, gleichzeitig aber auch der Wissenserwerb- und das Wissenssharing durch alle Phasen hindurch möglich sein.

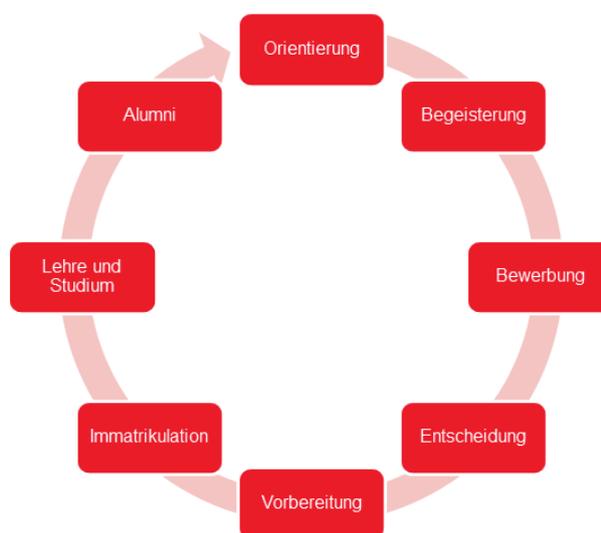


Abb. 1: Student-Life-Cycle der DHBW (eigene Darstellung).

Studierende mit außerhochschulischen und hochschulisch erworbenen Kenntnissen sowie Fähigkeiten können sich diese, nach eingehender Prüfung, als curriculare zu absolvierende Module im Rahmen ihres DHBW Studiums anrechnen bzw. anerkennen lassen. Die Digitalisierung dieses Prozesses ist ein weiteres Ziel.

Anrechnung stellt folglich ein Instrument dar, das einige Möglichkeiten bietet, Bildungsdurchlässigkeit zu steigern und lebenslanges Lernen zu ermöglichen; ebenfalls im Sinne des Ziel 4 der SDG (Hanak & Sturm, 2015; Müskens & Lübben, 2018). Anrechnung kann außerdem als Instrument zur Zulassung oder zur Verkürzung des Studiums genutzt werden (Hanak & Sturm, 2015; Mey & Mruck, 2010). Im Falle der DHBW handelt es sich vorerst um ein Mittel zur Prüfungsreduktion, könnte jedoch auch als Knowledge Sharing eingesetzt werden.

Da aktuell Studierende mit einem oder mehreren angerechneten Modulen, die entsprechenden Vorlesungen aufgrund der Präsenzpflicht weiterhin besuchen müssen, stellt sich im Rahmen des Knowledge Sharing die Frage nach neuen bzw. ergänzenden Lehrmethoden, die das vorhandene intellektuelle Kapital innerhalb der Studierenden-gruppe stärker einbinden und vermitteln.

### Ausblick

Ob diese einen Einfluss haben, könnte mit Hilfe von Fokusgruppen über den Semesterverlauf hinweg eruiert werden. Auch eine Verknüpfung zu vorhanden Projekten mit E-Portfolio-Bezug wäre denkbar, um vorhandenes Wissen, aber auch dessen Erwerb zu reflektieren. Des Weiteren schließen sich folgende Fragen an, denen sich angenommen werden sollte: Wie gehen die Dualen Partner mit einer Berufsausbildung in der Praxis um? Welche Chancen bieten sich hieraus für den Unternehmensalltag in Bezug auf die Sustainable Business Performance? Und welche Auswirkungen hätten diese ggf. auf den Theorie-Praxis-Transfer?

### Quellen

Al-Kurdi, O. F., El-Haddadeh, R. & Eldabi, T. (2020). The role of organisational climate in managing knowledge sharing among academics in higher education. *International Journal of Information Management*, 50, 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.018>

Akram, M., Chauhan, C., Ghosh, K., Singh, A., (2019). Knowledge Management, sustainable business performance and empowering leadership: A firm-level approach. *International Journal of Knowledge Management* 15(2), 20-35. DOI: 10.4018/IJKM.2019040102

Balle, A. R., Oliveira, M. & Curado, C. M. M. (2020). Knowledge sharing and absorptive capacity: interdependency and complementarity. *Journal of Knowledge Management*, 24(8), 1943–1964. <https://doi.org/10.1108/JKM-12-2019-0686>

Hanak, H. & Sturm, N. (2015). Anerkennung und Anrechnung außerhochschulisch erworbener Kompetenzen: Eine Handreichung für die wissenschaftliche Weiterbildung. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-08874-3>

Mahdi, O. R. & Almsafir, M. K. (2014). The role of strategic leadership in building sustainable competitive advantage in the academic environment. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 129, 298-296. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.679

Mey, G. & Mruck, K. (Hrsg.). (2010). *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie* (1. Auflage). VS Verlag. <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-531-16726-8>

Muhammed, S. & Zaim, H. (2020). Peer knowledge sharing and organizational performance: the role of leadership support and knowledge management success. *Journal of Knowledge Management*, 24(10), 2455–2489. <https://doi.org/10.1108/JKM-03-2020-0227>

Müskens, W. & Lübben, S. (2018). Die Anrechnung non-formalen und informellen Lernens auf Hochschulstudiengänge in Deutschland. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 41(2-3), 109–124. <https://doi.org/10.1007/s40955-018-0114-8>

Ravikumar, R., Kitana, A., Taamneh, A., Aburayya, A., Shwede, F., Salloum, S. & Shaalan, K. (2022). Impact of knowledge sharing on knowledge Acquisition among Higher Education Employees. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 28(12), 827–845.



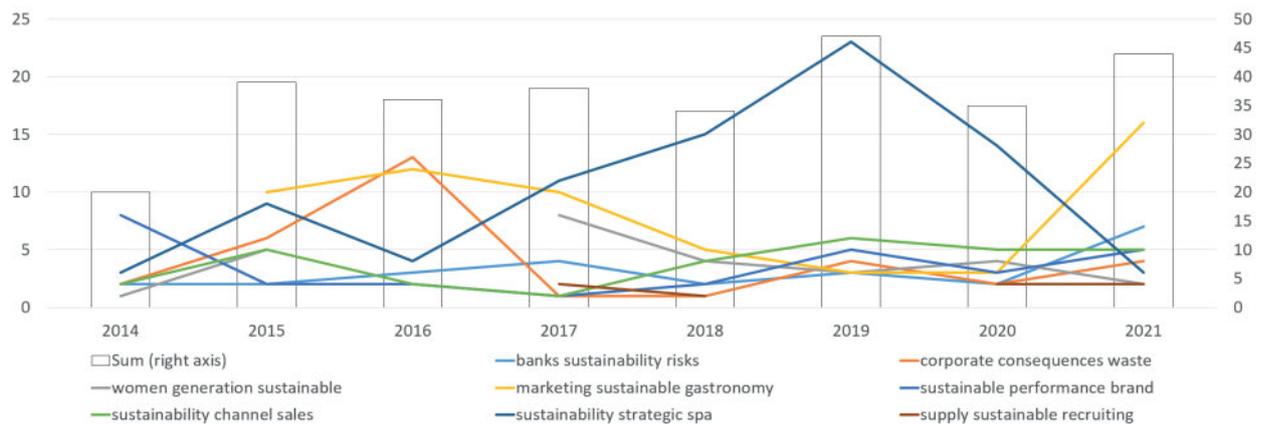


Fig. 2: Trend analysis for topic clusters over time [Number of bachelor theses within topic clusters]

show different trends over time. An important implication from the findings is, that curricula should address sustainability aspects in the respective degree programs (as called for earlier, e.g., Moore (2005) or Springett (2005)).

A limitation of the study is that only titles could be analyzed. Full texts are not digitally available at large scale and bachelor theses typically are not published. Therefore, some relevant theses might have been overlooked. Furthermore, only theses of the Faculty of Business were analyzed.

### Acknowledgements

Data analyses and one data visualization were performed using a tool that was developed as part of a Data Science study project by DHBW students Sarah Engelmayr, Philipp Schneider und Ngoc My Tran. Data was provided by local IT.S. The author would like to thank Torsten Stefan, Service Center FIT, for valuable input to the project and to the study.

### References

- Blei DM, Ng AY, Jordan MI, Lafferty J (2003) Latent dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research* 3(4/5):993–1022.
- Canini K, Shi L, Griffiths T (2009) Online Inference of Topics with Latent Dirichlet Allocation. *Proceedings of the Twelfth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics* 5:65–72.
- Eidenskog M, Leifler O, Sefyrin J, Johnson E, Asplund M (2023) Changing the world one engineer at a time – un-making the traditional engineering education when introducing sustainability subjects. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 24(9):70–84. doi:10.1108/IJSHE-03-2022-0071

Moore J (2005) Seven recommendations for creating sustainability education at the university level. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 6(4):326–339. doi:10.1108/14676370510623829

Springett D (2005) ‘Education for sustainability’ in the business studies curriculum: a call for a critical agenda. *Business Strategy and the Environment* 14(3):146–159. doi:10.1002/bse.447

# Additive manufacturing of electrically conductive porous media for fuel cell applications

Yann Dumay, Eric A. Chadwick, Volker P. Schulz (DHBW Mannheim)

## Introduction

Nowadays, the critical climate situation has prompted the world to drastically reduce the noxious effects of human activities on the environment. In order to reach this objective, the most important challenge nations are facing is to achieve the transition from fossil fuels to green energy production to eliminate carbon emissions. The fuel cells and electrolyzers technology enables the use and production of hydrogen as a source of green energy.

The functionality of many electrochemical devices such as fuel cells, electrolyzers, or batteries relies on an electrically conductive porous media. Specifically, in Polymer Electrolyte Membrane (PEM) fuel cells, the gas diffusion layer (GDL) is used to distribute the gases, conduct the electrons and transport the generated water from the reaction sites to the flow fields in the bipolar plates [1]. Due to these requirements, the most common material for GDLs is a carbon paper which is partially covered with polytetrafluoroethylene [2]. Technically, carbon paper is a heterogeneous media composed of randomly distributed carbon fibers, defined by its average transport properties, such as porosity, permeability, and conductivity. These properties strongly depend on the manufacturing process and can differ significantly throughout the media. By using carbon paper as GDL material, it is difficult to optimize the PEM fuel cell over a wide range of operation conditions, i.e. output power and relative humidity of the gases. Numerical simulations show that tailored porous media, i.e. with locally different properties, can improve fuel cell performance [3,4]. However, due to the trade-offs between performance, manufacturability, and cost, designing a commercial GDL is a highly challenging task.

## Project (implementation)

Here, we present an approach to generate electrically conductive porous media based on additive manufacturing with a low-cost Fused Deposition Modeling (FDM) printer. FDM is an additive manufacturing method consisting of the extrusion of material through a nozzle, which is deposited in successive layers to create a 3D object. Usually, the materials used with FDM printers are polymers-based filaments. The polymer is chosen according to the requirements of the printed part, e.g. Acrylonitrile Butadiene Styrene is used due to its relatively high melting point, or Polylactid (PLA) as a low-cost bioplastic. Moreover, some filaments available on the market are composite materials, which can improve the mechanical properties of a printing part or are electrically conductive. Therefore, using FDM to design and optimize GDL is very accessible due to the simplicity and speed of the process in addition to the low cost of the material.

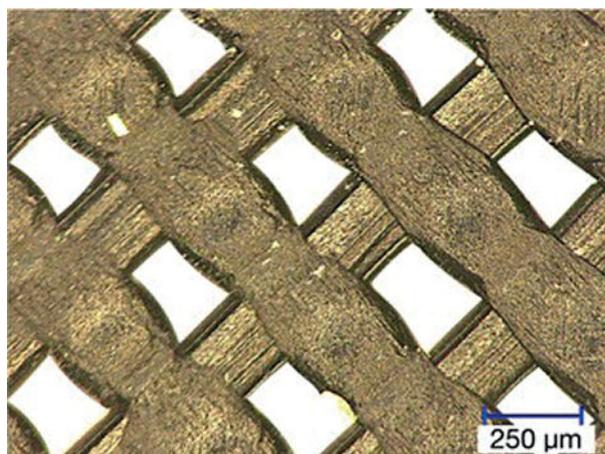


Fig. 1: Regular infill pattern - „grid“

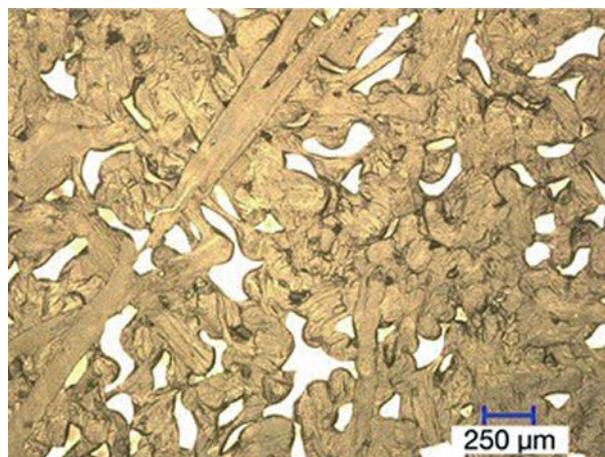


Fig. 2: Random heterogeneous structures - « lightning »

## Intermediary results

In this study, we used an electrically conductive PLA from Protopasta (Vancouver, Canada), and a standard FDM printer (Ultimaker 2+). The aim of this study was to print thin, porous media with heights up to 150 microns and pore diameters of about 100 microns. This was challenging since the diameter of the nozzle head is about 250 microns. Nevertheless, in this study, we have shown that printing structures with sizes down to 100 microns is possible by using specific infill pattern parameters. Moreover, the infill pattern can be modified to obtain either regular patterns (Fig. 1), or random heterogeneous structures (Fig. 2). The electrical conductivity of these 3D-printed porous media is highly dependent on their structure and can be improved using chemical activation or electrolysis [5]. In conclusion, the 3D printed parts from the electrically conductive PLA can be used for the rapid prototyping of novel GDL structures.

## References

[1] Sehkyu Park, Jong-Won Lee, Branko N. Popov, A review of gas diffusion layer in PEM fuel cells: Materials and designs, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 37, Issue 7, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.12.148>

[2] Qu T, Huang X, Wang B. Effects of the Surface Structure on the Water Transport Behavior in PEMFC Carbon Fiber Papers. *ACS Omega*. 2022 Feb 8;7(7):5992-5997. doi: 10.1021/acsomega.1c06304. PMID: 35224360; PMCID: PMC8867799

[3] Jaeman Park, Hwanyeong Oh, Yoo Il Lee, Kyoungdoug Min, Eunsook Lee, Jy-Young Jyoung, Effect of the pore size variation in the substrate of the gas diffusion layer on water management and fuel cell performance, *Applied Energy*, Volume (2016) 171, 2016, Pages 200-212, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.132>

[4] Elena Carcadea, Mihai Varlam, Mohammed Ismail, Derek Binns Ingham, Adriana Marinoiu, Mircea Raceanu, Catalin Jianu, Laurentiu Patularu, Daniela Ion-Ebrasu, PEM fuel cell performance improvement through numerical optimization of the parameters of the porous layers, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 45, Issue 14, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.08.219>

[5] Wirth DM, Sheaff MJ, Waldman JV, Symcox MP, Whitehead HD, Sharp JD, Doerfler JR, Lamar AA, LeBlanc G. Electrolysis Activation of Fused-Filament-Fabrication 3D-Printed Electrodes for Electrochemical and Spectroelectrochemical Analysis. *Anal Chem*. 2019 May 7;91(9):5553-5557. doi: 10.1021/acs.analchem.9b01331. Epub 2019 Apr 8. PMID: 30916926. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30916926/>

## Experimental optimization of vapour chambers for cooling polymer electrolyte membrane fuel cells

Eric A. Chadwick (DHBW Mannheim, University of Toronto), Yann Dumay, Volker P. Schulz (DHBW Mannheim)

### Introduction

To mitigate the effects of anthropomorphic climate change, sustainable energy storage solutions must be improved. Polymer electrolyte membrane (PEM) fuel cells are promising, carbon-neutral energy storage devices; however, they face many challenges such as efficiency, cost, and durability. Ineffective cooling of a PEM fuel cell can cause accelerated performance degradation. For example, the electrolyte membrane may experience ionic conductivity reduction due to evaporation and dehydration. Additionally, most cooling systems are bulky and require significant power, diminishing the efficiency of the fuel cell system. The most common method of cooling used in the industry is liquid cooling [1,2]. Though reliable and easy to control, these systems require external circulation of a constant temperature liquid, and this demands both space and power. Some example alternatives, yet largely unexplored designs to liquid cooling include air cooling, heat spreaders, and phase change cooling. Phase change cooling is particularly promising because fans for air cooling are the only parasitic components required. Additionally, phase change solutions, such as heat pipes and vapour chambers, can be integrated directly into the stack with the potential for minimal space requirements compared to liquid cooling systems that require external pumps and radiator systems. Recently, vapour chambers designed for PEM fuel cells have shown promise [3]; however, they must be further optimized for cooling effectiveness and heat distributions before becoming competitive with liquid cooling systems commercially in use. The design and optimization of the wick structure of vapour chambers is considered of particular importance as it influences the rate of evaporation, condensation, and transport of the fluid in its liquid phase and is unique for each application [4]. Applications in fuel cell stack cooling have shown promise in re-

cent literature by placing such devices between the bipolar plates where liquid cooling channels would normally reside [1,3,5,6].

### Project Description

In this study we aim to experimentally optimize the wick structure of vapour chambers designed to cool the active area of fuel cells and achieve uniform temperature distributions and adequate heat removal to maintain a desired operating temperature. Figure 1 shows a schematic diagram of the proposed vapour chamber embedded in a fuel cell bipolar plate. To study the effects on working fluid transport and temperature homogeneity, 3D printing was used to rapidly prototype half-plate designs (similar to the section view of Figure 1) with various wick structure patterns. In an ex-situ experimental set-up we used thermal imaging to show how various wicking structures affect the flow rate of a working fluid in liquid form as well as the condensation sites that form on the condensation side of the vapour chamber. We additionally show how these wicking structures affect the temperature distribution across the evaporation side.

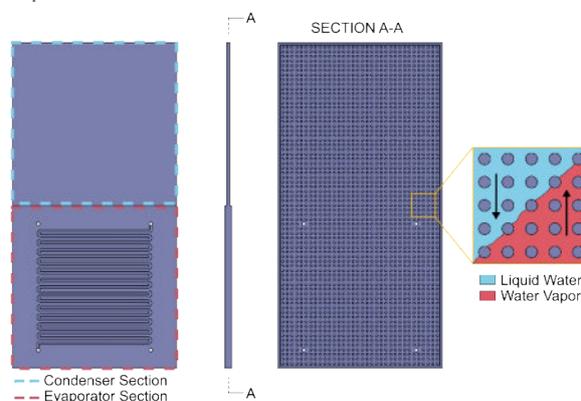


Fig. 1: Schematic drawing of a sample vapour chamber – bipolar plate combined part featuring a conventional flow field and vapour chamber contained in the interior of the plate.

Figure 2 shows the experimental set-up used in this study. A 3D printed PLA half vapour chamber is sealed under Plexiglas using a rubber o-ring. A bidirectional valve was installed in the plexiglass to inject the working fluid (Novec 7100, 3M Company, St. Paul, MN, USA) at the condensation side of the chamber. A 14.4 W heater was installed under the evaporator section and controlled by an on-off controller.

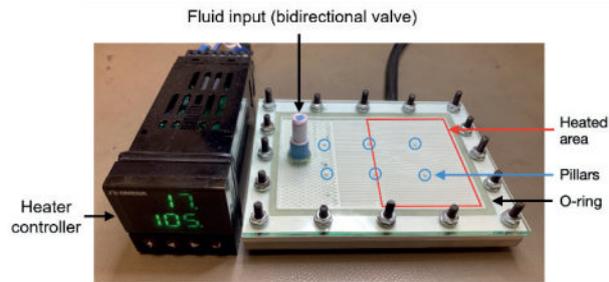


Fig. 2: Experimental set-up of the closed half vapour chamber with temperature-controlled heating in the evaporation section, support pillars and a bidirectional valve for inputting working fluid.

Experiments were first conducted to study the effects of wick pattern and placement on fluid transport and temperature distribution. Three patterns were initially considered: Posts (0.5 mm in diameter in a grid pattern with 0.5 mm separation), Channels (consisting of 0.5 mm channels from the condenser to evaporator sides separated by lands), and Honeycomb (0.5 mm posts in a honeycomb pattern with 0.5 mm separation). The heater was brought to a temperature of 80°C (typical operating temperature of PEM fuel cells) and the 10 ml of 3M fluid was released into the chamber. A thermal camera captured images of the experiment to track the fluid transport and temperature distribution (Figure 3). After approximately 20 minutes, the temperature stabilized. The Channels were able to transport the 3M fluid from the condenser to the evaporator side the quickest. However, the radial distribution of the fluid using the channel design was minimal. The fluid mainly occupied the centre of the chamber, leaving large hotspots on the sides.

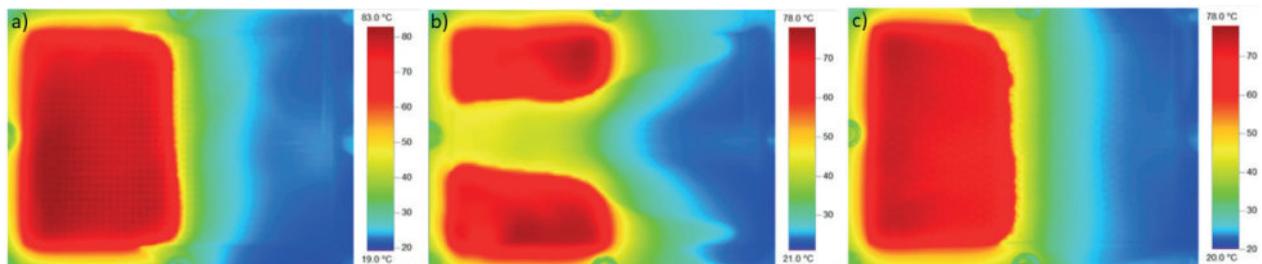


Fig. 3: Temperature distributions of: a) Posts, b) Channels, and c) Honeycomb vapour chambers.

## Conclusion

It was found that a Channel-type wick pattern with a small Honeycomb structure at the end of the evaporator section of a rectangular vapour chamber was optimal for fluid transport and temperature distribution. Both the shape and position of vapour chamber wicking structures were found to have an impact on the transport of the working fluid. A small section of the Honeycomb pattern was found to be helpful in the initial distribution of the working fluid, while the following Channels section was able to quickly wick the working fluid to the evaporator section.

## Source index

- [1] A. Baroutaji, A. Arjunan, M. Ramadan, J. Robinson, A. Alaswad, M.A. Abdelkareem, A.G. Olabi, Advancements and prospects of thermal management and waste heat recovery of PEMFC, *International Journal of Thermofluids*. 9 (2021) 100064.
- [2] Y. Nonobe, Development of the fuel cell vehicle mirai, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. 12 (2017) 5–9.
- [3] Z. Huang, Q. Jian, J. Zhao, Thermal management of open-cathode proton exchange membrane fuel cell stack with thin vapor chambers, *J Power Sources*. 485 (2021) 229314.
- [4] M. Bulut, S.G. Kandlikar, N. Sozbir, A Review of Vapor Chambers, 40 (2018) 1551–1573.
- [5] K. Zhu, X. Chen, B. Dai, M. Zheng, Y. Wang, H. Li, Operation characteristics of a new-type loop heat pipe (LHP) with wick separated from heating surface in the evaporator, *Appl Therm Eng*. 123 (2017) 1034–1041.
- [6] S.M. Thompson, Z.S. Aspin, N. Shamsaei, A. Elwany, L. Bian, Additive manufacturing of heat exchangers: A case study on a multi-layered Ti-6Al-4V oscillating heat pipe, *Addit Manuf*. 8 (2015) 163–174.

## Mikrobiogasanlagen für den Hausgebrauch

Ein Beitrag zur Energiewende und zur Nachhaltigkeit

Wolfgang Nießen (DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

In Debatten und Diskussionen um die Energiewende werden fast immer nur Wind- und Solarenergie genannt. Neben diesen beiden Energiequellen spielt Bioenergie jedoch eine ähnlich wichtige Rolle. So trug Letztere in Deutschland im Jahr 2022 mit 52% an der Bereitstellung aller erneuerbaren Energien deutlich stärker bei als Windenergie (26%) und Solarenergie (14%) [1]. Ein beträchtlicher Teil der Bioenergie fällt zunächst als Biogas an – ein Gemisch aus Methan, Kohlendioxid und einer Reihe von Spurengasen. Dieses Biogas wird in Biogasanlagen mittels anaerober Fermentierung aus Biomasse gewonnen. Da der Anbau von Energiepflanzen in direkter Konkurrenz zum Anbau von Nahrungspflanzen steht und dazu auch noch eine deutlich geringere Flächeneffizienz aufweist als Solar- und Windenergie, sollten vorwiegend biogene Abfallstoffe zur Befüllung von Biogasanlagen genutzt werden. Wegen der geringen Energiedichte von Bioabfall ist es sinnvoll, möglichst wenig Energie für den Transport vom Entstehungsort zur Biogasanlage aufzuwenden. Idealerweise werden biogene Abfallstoffe dort zu Biogas fermentiert, wo sie entstehen. Dies ist beim Betrieb von Kleinstbiogasanlagen der Fall. Sie werden mit Biomüll aus Haushalten befüllt. Das entstehende Biogas wird vor Ort bei Bedarf zum Kochen genutzt. Der an Nährstoffen reiche Gärrest wird als Dünger verwendet. So sind allein in China derzeit ca. 43 Millionen solcher Anlagen im Betrieb [2]. Auch in Indien und weiteren, vor allem äquatornahen Ländern, kommen sie in signifikantem Maße zum Einsatz

Die in Deutschland installierten Biogasanlagen haben im Mittel eine Leistung von ca. 500 kWel. Kleinstbiogasanlagen und kommen so gut wie gar nicht zum Einsatz. Dies ist unter anderem damit begründet, dass für den Fermentierungsprozess eine Temperatur im Bereich 30°C bis 40°C günstig ist, was eine zusätzliche Heizung erforderlich

macht. Bei großen Anlagen ist das wirtschaftlich; zumal die thermische Isolierung aufgrund des kleineren Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen weniger aufwendig ist als bei kleinen Anlagen.

### Prinzip der Anlage und Zielstellung

Gegenstand der Arbeit ist die Entwicklung einer preiswerten und einfachen Kleinstbiogasanlage, die in Ein- und Mehrfamilienhäusern zum Einsatz kommen könnte. Neben dem Energieertrag in Form von Biogas soll die Erzeugung von Dünger für den Garten den Nutzen der Anlage steigern und zur Nachhaltigkeit und Schließung von Stoffkreisläufen beitragen.

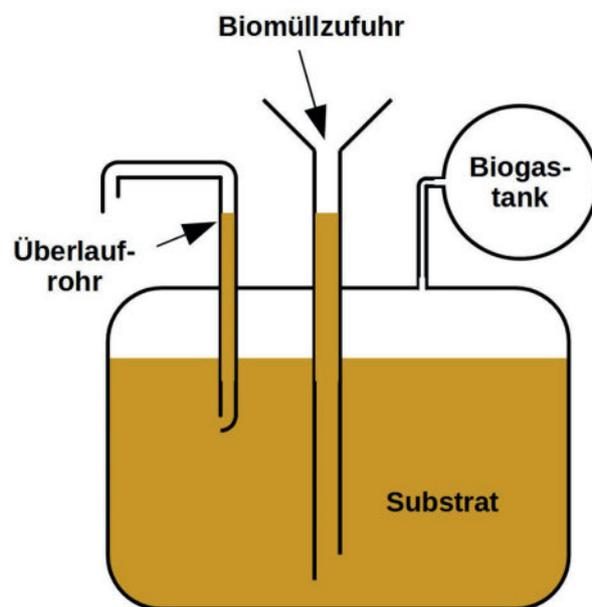


Abb. 1

Die Anlage soll nach dem in Abb. 1 dargestellten Prinzip arbeiten. In einem gasdichten Behälter (Fermenter) wird das Gemisch (Substrat) aus biogenen Abfällen und Wasser anaerob fermentiert. Dabei entsteht Biogas, das in einem Tank aufgefangen und zwischengelagert wird. Das Substrat kann jederzeit über einen Trichter nachgefüllt werden. Ist der Fermenter voll, so entweicht überschüssige Flüssigkeit aus dem Überlaufrohr. Diese kann aufgefangen und als hochwertiger Dünger verwendet werden. Durch die Höhe des Auslaufs von 500 mm wird sichergestellt, dass der Gasdruck nicht über 50 mbar steigt. Durch diesen geringen Druck werden einerseits Sicherheitsrisiken vermieden, andererseits ist dieser Druck groß genug, um spezielle Biogassäcke [3] zu befüllen.

## Projektdurchführung

Das Projekt wird im Wesentlichen von Studierenden der Mechatronik im Rahmen von Studienarbeiten durchgeführt. Als Basis für den Fermenter dient ein Deckelfass mit 220 l Volumen, das in Baumärkten erhältlich ist. Richtig verschlossen, ist es bis zu mindestens 2 bar Überdruck dicht. Behälter und Deckel sind aus Polyethylen, wodurch eine gute Beständigkeit gegenüber aggressiven Substanzen gewährleistet ist.

Das Fass wird nicht modifiziert, sondern nur der Deckel (siehe Abb. 2). Somit können leicht und mit geringen Kosten verschiedene Konfigurationen realisiert werden.

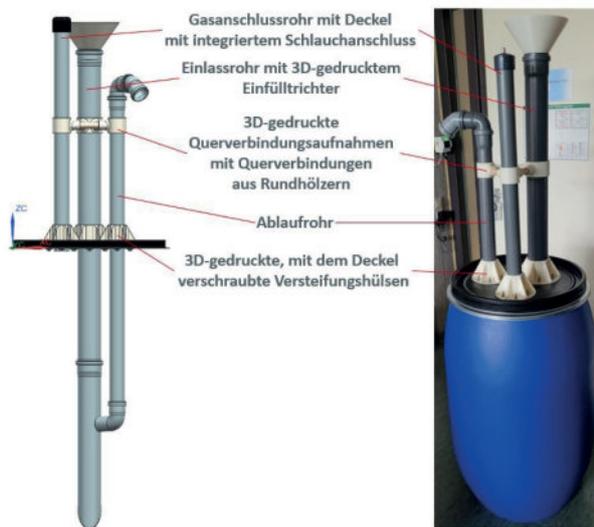


Abb. 2: Kleinstbiogasanlage auf Basis eines Deckelfasses

## Ergebnisse und Ausblicke

Es sind zunächst zwei Prototypen gefertigt worden:

- Eine Variante mit einer temperaturgeregelten elektrischen Heizung.
- Eine zweite Variante mit Sensoren für Temperatur und pH-Wert.

Beide sind getestet und funktionsfähig. Für die zweite – unbeheizte – Variante ist ein Betrieb in Mitteleuropa nur während der Sommermonate sinnvoll, da für die Entstehung von Biogas eine 24-Stunden-Mitteltemperatur von mindestens 20°C gegeben sein muss.

Bei einer täglichen Beladung von ca. 1,1 kg biogenen Abfall – mehr ist bei 220 l Fermentervolumen nicht sinnvoll – werden unter optimalen Bedingungen

- 220 kWh chemische Energie in Form von Methan erzeugt. Das entspricht dem Energiewert von 22 l Heizöl.
- 400 kg Bioabfall entsorgt.
- 370 kg Dünger produziert.

Weitere Entwicklungsarbeiten sind geplant:

- Einsatz von KI (künstliche neuronale Netze) zur Steigerung der Methanausbeute über gezielte Einflussnahme der Parameter Temperatur, pH-Wert und Beladungsrate
- Weitere Steigerung der Methanausbeute durch Zugabe von Wasserstoff.

## Quellen

[1] Umweltbundesamt. Erneuerbare Energien in Zahlen. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick> (aufgerufen am 23.05.23)

[2] Biomasse ist global meist genutzter regenerativer Energieträger. <https://www.ingenieur.de/fachmedien/bwk/erneuerbare-energien/biomasse-ist-global-meist-genutzter-regenerativer-energietraeger> (aufgerufen am 23.05.23)

[3] (B)pack- the mobile biogas backpack - (B)energy (be-nerg.com) (aufgerufen am 25.05.23)

# Personalisierte Android-Apps zur Navigationsoptimierung und Pilotenentlastung im Privat- und Sportflug

Hans Weghorn (DHBW Stuttgart)

## Ausgangssituation

In weiten Bereichen des Privat- und Sportflugs erfolgt Navigation nach reiner Sichtorientierung sowie teilweise unterstützend nach Leitstrahlen von Funkfeuern, so wie es eben auch heute noch die geltenden Qualifikationsregeln für Luftfahrzeugführer vorschreiben. Ebenso gesetzlich festgelegt ist eine Protokollierung jeder Flugoperation. Dazu werden Flugbücher per Handaufschrieb geführt, in denen Rollaktivitäten am Boden sowie Start- und Landevorgänge zeitgenau erfasst werden müssen [1]. Dies stellt eine zusätzliche Arbeitsbelastung für Pilotinnen und Piloten gerade in besonders sicherheitskritischen Phasen des Flugbetriebs dar.

Die im Luftfahrzeug verbauten Navigationsinstrumente unterliegen hohen gesetzlichen Anforderungen, realisieren aber im Prinzip aufgrund der erforderlichen langwierigen und kostenintensiven Zertifizierungsverfahren veraltete Technikstände, vor allem vor dem Hintergrund, dass aktuelle Mobilgeräte des Massenkonsums wie Smartphones und Tablets in Bezug auf Displaygröße und Satellitennavigationsfähigkeiten erheblich besser ausgestattet sind als das, was in einem durchschnittlichen Luftfahrzeugcockpit fest eingebaut zur Verfügung steht.

Allerdings ist es auch nicht verboten, neben den offiziell vorgeschriebenen Navigationsmethoden im Sichtflug nach Kartenmaterial und Funkfeuerempfängern weitere Assistenzmittel wie z. B. Smartphones einzusetzen. Entsprechend gibt es eine Vielzahl von Smartphone-Apps zur Kartendarstellung und Kursverfolgung, u. a. als so genannte „Moving Maps“, jedoch bedienen sich diese Apps der unpraktischen Standard-UI-Elemente der entsprechenden Laufzeitumgebung (häufig das Betriebssystem Android [2]) und verfügen nicht über eine genaue oder eine User-spezifische Zielroutenführung.

Im hier beschriebenen F&E-Projekt werden dagegen Smartphone- bzw. Tablett-Apps entwickelt,

die einen wesentlich höheren Grad an Ergonomie und Automatisierung bieten, so dass Pilotinnen und Piloten bei Flugoperationen nicht nur entlastet, sondern auch möglichst präzise geführt werden.

## Projektkonzepte und Lösungsumsetzung

Personalisierung sowie spezifisch entwickelte UI-Eingabelemente zur Einfinger-Bedienung der Apps erlauben ihre Nutzung erheblich zu vereinfachen. „Situation Awareness“ der Tools auf Basis von Sensordatenverarbeitung zu Beschleunigungsvorgängen und Lokalisierung ermöglichen eine automatisierte Protokollierung relevanter Flugaktivitäten. Natürlich müssen für die Erkennung von Lande- und Startvorgängen die spezifischen Betriebsparameter des verwendeten Luftfahrzeugs berücksichtigt werden, welches dazu über „Geo-Fencing“ am Heimatplatz und mit KI-Methoden bei Touren zu Fremdplätzen automatisch identifiziert wird.

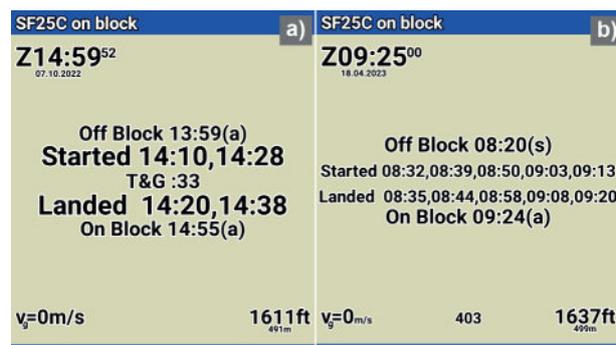


Abb. 1: Schirmausschnitte der Flugprotokoll-App

Dadurch können sogar besonders anspruchsvolle Manöver wie Durchstartvorgänge mit kurzem Aufsetzen auf der Landebahn (T&G = „Touch and Go“ in Abb. 1a) automatisch protokolliert werden. Das Flugpersonal kann sich somit besser auf die Bedienung der Steuerelemente des Luftfahrzeugs konzentrieren. Für den geradlinigen Streckenflug stehen außerdem ergonomische Auswahlbildschirme für die Kursoptimierung zur Verfügung.

Beim Anflug von Landeplätzen, wo es auf eine genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Luftpfade ankommt (u. a., um Kollisionen zu vermeiden), ermöglichen die Kartenanzeigen dieser F&E-Apps eine genaue Einhaltung der Anflugwege, auch wenn Richtungswechsel in beliebige Anflugwinkel zur Landebahn nötig sind (Abb. 2). Außerdem wurden bereits ergänzende Konzepte zur Situati-

onserkennung mit Hilfe von Sensordatenauswertung und anschließenden Mustererkennungsmethoden ausgearbeitet, die später ebenfalls in die Apps eingebaut, getestet und optimiert werden sollen.



Abb. 2: App-Kartendarstellung ermöglicht genaue Flugpfad-Einhaltung, anders als „Wackelkompass“

## Ergebnisse

Zurzeit werden die Konzepte kontinuierlich weiterentwickelt, wobei für die laufenden Feldtests, verschiedene Apps für Android-Smartphones und -Tablets mit markttypischen Bildschirmgrößen verwendet werden.

Anfangs mussten praktikablere Bedienmöglichkeiten der Apps entwickelt werden, denn die ständig auftretenden, wechselnden Beschleunigungen im Flugbetrieb verhindern jede präzise Bedienung von Touchscreens. Piloten müssen ständig mit einer Hand das Ruder nachführen, die andere Hand wird für andere Steuereinstellungen genutzt und kann dazwischen höchstens kurz ein Smartphone bedienen. Geeignete grobmotorische Haptik wurde durch große Landeflächenbereiche auf dem Touchscreen sowie der Signalisierung durch überlängten Fingerdruck oder schnell folgende Tippbewegungen realisiert – im Prinzip angelehnt an die Idee des Morsens, das spezifische Inhalte ebenfalls über kurz/lang-Signale aufschlüsselt.

Die Nutzung von GPS-Daten zur Positions- und Bewegungsmessung in der App-Programmierung war aus früheren Konzeptentwicklungen zu Monitoring-Apps für Ausdauersport verfügbar und konnte leicht übertragen werden [3]. In Hunderten von Starts und Landungen, bei denen parallel von einer Flugleitung am Boden Protokoll geführt wurde, traten bislang nur zwei Zeitabweichungen

mit Minimalfehlern auf.

Durch App-Signalverarbeitung des Motorengeräuschs wird inzwischen der Start der Flugoperation automatisiert erkannt (Abb. 1b), diese Mustererkennung wird zurzeit weiter ausgebaut.

Nachhaltigkeitsaspekt: Spareffekte beim Energieverbrauch

Dieses Projekt dient zwar primär der Entlastung bei der Cockpitarbeit und damit der Erhöhung der Sicherheit im Flugbetrieb, jedoch ergibt sich als nützlicher Nebeneffekt eine Reduktion im Verbrauch der Antriebsmittel bzw. der Energiereserven. Zunächst verkürzt die automatisierte Protokollierung von Bodenbewegungen die Betriebszeit, weil eben keine Haltepausen mehr nötig sind, um händisch Protokoll zu führen und bei Verbrennungsantrieben wird so weniger Sprit verbraucht. Die bessere Zielführung beim Flug in Raumkoordinaten dagegen ist besonders für den zurzeit in der Entwicklung befindlichen Elektroflug interessant [4,5], da hier die Stromspeicherkapazitäten noch sehr eingeschränkt sind und sich eine Flugzeitreduktion anteilmäßig noch stärker auswirkt. Natürlich können auch Fluggeräte mit Verbrennungsantrieben durch optimierte Flugrouten Antriebsmittel erheblich einsparen. Vor dem Hintergrund, dass etwa 3/4 aller Operationen in Privat- und Sportflug eine Gesamtdauer von unter einer Stunde inkl. Bodenaktivitäten aufweisen, ergibt sich kalkulatorisch ein Einsparpotential bei der Antriebsenergie von etwa zehn Prozent oder ggfs. auch mehr durch den Einsatz der hier entwickelten Tools.

## Quellen

[1] EASA, „FCL.050 Recording of flight time“ in: Annex I - Part FCL, V1, p29-39, June 2016

[2] „Add core components“ in: Develop your UI on Android, <https://developer.android.com/develop/ui>

[3] H. Weghorn, „Application and UI Design for Ergonomic Heart Rate Monitoring in Endurance Sports“, CCIS 464, 25-41, Springer, Berlin 2015

[4] flieger MAGAZIN, „Pipistrel Velis: Weltweit erste Zulassung für Elektroflugzeug“, Juni 2020, <https://www.fliegermagazin.de/news/pipistrel-weltweit-erste-zulassung-fuer-elektroflugzeug/>

[5] aerokurier, <https://www.aerokurier.de/motorflug-elektroflug/>, letzter Zugriff: Mai 2023

## Biobasierter Plastikersatz mit programmierbarer Abbaubarkeit

Lukas Walter, Axel Kauffmann (DHBW Karlsruhe)

### Ausgangssituation

Bisherige, etablierte „bioabbaubare Polymere“ für Verpackungen zeigten nur eine bedingte und relativ langwierige Abbaubarkeit. Oftmals ist die hohe Kristallinität der Polymere hierfür die Ursache. Zudem zerfallen sie lediglich in  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ , wodurch sowohl der thermische als auch der Materialwert verloren geht. Zugleich führt eine zu schnelle Bioabbaubarkeit zu einer Instabilität, während das Material noch in Verwendung ist. Die Herausforderung in diesem Projekt bestand darin, diese Nachteile zu überwinden und gleichzeitig die Kriterien an ein funktionsfähiges Verpackungsmaterial zu erhalten.

### Projekt

Projektziel war die Entwicklung eines Werkstoffs, der

- erst nach einem definierten Auslöser biologisch vollständig abbaut,
- nahezu vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen besteht,
- sich erst zu Halbzeugen (Platten) pressen, sich anschließend thermoformen lässt und sich darüber hinaus als Verpackungsmaterial eignet,
- in der Verarbeitung und preislich den Anforderungen der Industrie entspricht.
- nach dem Gebrauch sinnvoll verwertet werden kann.

**Konzept:** Im Projekt wurde ein Konzept zur programmierbaren Abbaubarkeit inklusive Prototypen entwickelt. Hierbei wurden verschiedene Biopolymere mit Landwirtschaftsresten (Hanfschäben) zu Verbundstoffen verblendet. Es wurde eine inhomogene Mischung aus zwei Biopolymeren gewählt, da hierdurch Grenzschichten entstehen, in die leichter Wasser eindringen kann und so der Abbau beschleunigt wird (1). Dabei sollte der Anteil der Hanfschäben, bei gleichzeitig guter Verarbeitbarkeit, so hoch wie möglich sein. Durch Zerkleinern wurden verschiedene Korngrößen der Schäben hergestellt und verarbeitet: von 30 mm

bis 0,125 mm. Die Hanfschäben sollten nicht nur als Füllstoff dienen, sondern auch als Nukleotide für die Biopolymere, um damit die Kristallinität dieser herab zu setzen. Dies soll zu einer Anpassbarkeit des Materials, einer höheren Flexibilität und schnelleren Bioabbaubarkeit führen. Das Schäumen des Materials sollte die innere Oberfläche und damit die Bioabbaubarkeit zusätzlich erhöhen. Alternativ wurde bei der Halbzeugherstellung eine Schichtbildung (Stratifikation) getestet (Abb. 1).

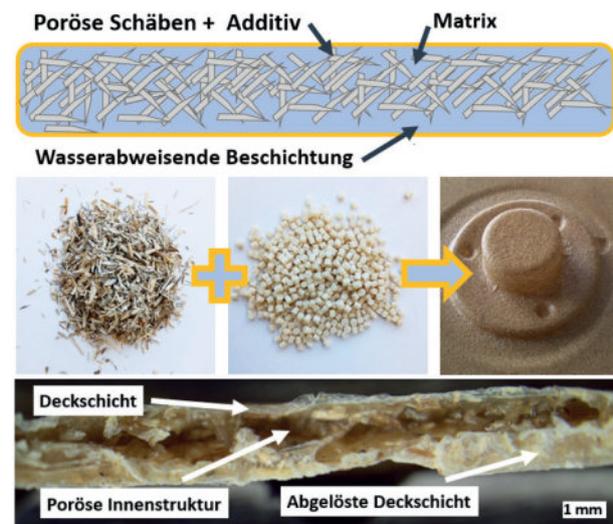


Abb. 1: Aufbau des Verbundstoffs (oben); Ausgangsstoffe und thermogeformte Verpackung (mittig); Stratifikation mit Hohlräumen (unten).

**Verarbeitung:** Das Material wurde zudem auf eine Verarbeitungsmethode optimiert. Hierzu wurde das im Verpackungsbereich weit verbreitete Thermoformen gewählt. Je nach Korngröße der Schäben können ein Schäbenanteil von bis zu 40 % und gleichzeitig hohe Umformgrade erreicht werden (Abb. 1).

**Kreislauf:** Jedes Material findet ein Ende der Benutzung. Optimalerweise wird es dann vollständig wieder rezykliert. Dies ist jedoch z. B. aufgrund von Verunreinigungen z. B. mit Lebensmitteln nicht mehr möglich. Nicht selten landen gerade Verpackungsmaterialien in der freien Natur oder der Kompostanlage. In diesen Fällen baut sich das im Projekt entwickelte Material schnell ab.

Falls die Produkte jedoch in einem Kreislauf belassen werden können, wurden zwei weitere Verwertungswege in Betracht gezogen, die über die bisherige Kompostierung hinaus gehen. Hierzu zählt die Verwertung des Materials in Biogasanlagen. Gemeinsam mit Kollegen des Leibnitz-Insti-

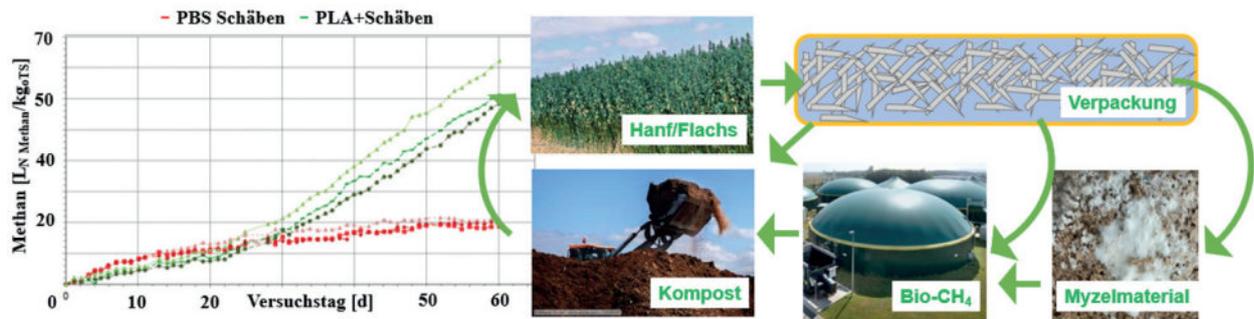


Abb. 2: Auswertung der Ausbeute bei der Vergärung verschiedener Verbundstoffe zu Biogas (links). Möglicher Kreislauf von der Verpackung über Myzelmaterial und Biogas zu Kompost (rechts).

tuts für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB) Potsdam wurde die Möglichkeit der Vergärung von verschiedenen Schäben und Biopolymer-Kombinationen untersucht (Abb. 2).

Die dritte Verwertungsstrategie bezieht sich auf eine neue Materialkategorie, die gerade im Entstehen ist: die der Myzelmaterialien. Hierzu werden Reste aus der Landwirtschaft (z. B. Maisblätter) mit Pilzsporen geimpft und in einer Kunststoffform inkubiert. Nach wenigen Wochen ist die Form mit dem Wurzelgeflecht (Myzel) voll ausgefüllt. So entstehen Hartschäume für z. B. Elektronikverpackungen (2).

In Kooperation mit der Hawlik GmbH Pilzbrut wurden Myzele auf zerkleinertem "Verpackungsmaterial" unseres Verbundstoffs aufgezüchtet.

## Ergebnisse

Im Projekt wurde ein Konzept zur programmierbaren Abbaubarkeit inklusive Prototypen entwickelt. Hierbei wurden eine Matrix aus Polylactid (PLA) und Polybutylensuccinat (PBS) im Verhältnis 60/40 mit Landwirtschaftsresten (Hanfschäben) zu einem Verbundstoff verblendet. Die Schäben wurden auf eine Länge von 0,125 - 0,4 mm granuliert und machten 20 w% des Materials aus. Durch spezifisch optimierte Bedingungen bei der Halbzeugherstellung (180 °C; 20 min; 16,3 bar) konnte eine Schichtbildung (Stratifikation) erreicht werden. Diese führte zu einer Siegeldeckschicht und einer porösen Innenstruktur (Abbildung 1).

Die poröse Innenstruktur führt in Kombination mit den Grenzschichten zwischen PLA und PBS sowie zwischen Matrix und Füllstoff zu einer erheblich größeren Oberfläche und damit erhöhten Abbaubarkeit. Durch die Verwendung der günstigen Schäben konnten zudem die Zusatzkosten

des teuren PBS kompensiert werden.

Die Ergebnisse des Leibnitz-Instituts zeigten die prinzipielle Verwertbarkeit des Verbundstoffs zu Biogas. Es ist zudem gelungen, *Pleurotus ostreatus* auf dem Verbundstoff zu züchten und so ein Myzelmaterial herzustellen.

Der Verbundstoff kann thermogeformt und als Verpackung in verschiedenen Bereichen angewandt werden.

Insbesondere im Lebensmittelbereich ist eine Verwendung sinnvoll. Hier lässt sich nicht immer vermeiden, dass die Haltbarkeit der Lebensmittel bis zum Verkauf an den Verbraucher gewährleistet ist.

In diesem Fall kann die Verpackung gemeinsam mit dem Inhalt z. B. zu Biogas oder Kompost weiterverwertet werden.

## Quellen

(1) SU, S., R. KOPITZKY, S. TOLGA und S. KABASCI. Polylactide (PLA) and its Blends with Poly(butylene succinate) (PBS): A Brief Review [online]. *Polymers*, 2019, 11(7). Verfügbar unter: doi:10.3390/polym11071193

(2) ECOVATIVE DESIGN. We Grow Materials [online]. 26 Mai 2021 [Zugriff am: 26. Mai 2021]. Verfügbar unter: <https://ecovativedesign.com>

# Modellierung der effektiven Wärmeleitfähigkeit von Thermischen Interfacematerialien

Julia Mayer, Andreas Griesinger (DHBW Stuttgart), Norbert Willenbacher (KIT)

## Motivation

Das Wärmemanagement von Li-Ionen Batteriezellen in elektrisch angetriebenen Fahrzeugen ist eine Herausforderung. Hierfür sind insbesondere die thermischen Interfacematerialien (TIM) von Bedeutung. Diese sorgen für die thermische Kopplung der Batteriezellen untereinander und zum Batteriegehäuse. TIM sind mit Partikeln gefüllte Polymere. Durch die Wahl des Polymers und des Füllstoffs können die Wärmeleiteigenschaften des TIM eingestellt werden.

Im Rahmen dieses Projekts wird der Einfluss der Partikeleigenschaften (z.B. Partikelgröße und -oberfläche) auf die effektive Wärmeleitfähigkeit von TIMs untersucht. Es ist anzunehmen, dass die Fähigkeit der Partikel leitfähige Pfade bzw. Netzwerke auszubilden, einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Wärmeleitfähigkeit leistet.

## Experimentelle Untersuchungen

Es wurden Proben aus linearem Silikonöl als Polymermatrix und Aluminiumoxidpartikeln mit verschiedenen Durchmessern hergestellt. Die Partikelgrößenverteilungen der verwendeten Partikel wurden gemessen und REM-Bilder aufgenommen, siehe Beispiel in Abb. 1.

Die Proben wurden anschließend rheologisch charakterisiert, d.h. die Fließkurven wurden bestimmt, und im TIM-Tester vermessen. Der TIM-

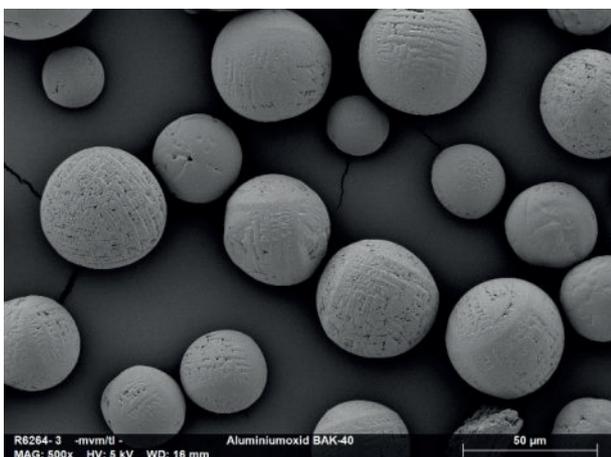


Abb. 1: REM-Bild von Aluminiumoxidpartikeln

Tester ist eine hauseigene Apparatur, welche nach der stationären Zylindermethode (ASTM D5470-17) die Wärmeleitfähigkeit von Materialien misst. Wie erwartet steigt die Wärmeleitfähigkeit der untersuchten Proben mit dem Füllgrad an. Außerdem konnte der Einfluss des mittleren Partikeldurchmessers gemessen werden.

## Numerisches Modell

Parallel zu den experimentellen Untersuchungen erfolgte der Aufbau eines Modells zur numerischen Berechnung der effektiven Wärmeleitfähigkeit. Hierfür wurde zunächst eine gleichmäßig kubisch flächenzentrierte Kugelanordnung erzeugt. Anschließend wurde in MATLAB mit einem Skript zur Geometrieerzeugung eine zufällige Kugelanordnung mit vorgegebener Partikelgrößenverteilung erzeugt. In Abb. 2 ist exemplarisch eine solche zufällige Partikelanordnung dargestellt.

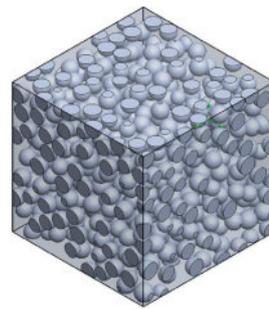


Abb. 2: Zufällige Partikelanordnung

Durch Überschneidung der Kugeln um durchschnittlich 5% der Radii werden Punktkontakte vermieden und es entstehen Kontaktflächen. Punktkontakte existieren in Realität in vernachlässigbarer Anzahl und können von der Simulationssoftware nur sehr schwer aufgelöst werden. Des Weiteren wurde ein Kontaktwiderstand zwischen Kugeloberfläche und Matrix eingefügt. Dieser berücksichtigt den Einfluss der Partikelgröße auf die effektive Wärmeleitfähigkeit.

## Ergebnisse

Durch die im vorangegangenen Abschnitt genannten Schritte konnten die Ergebnisse der numerischen Berechnungen kontinuierlich verbessert werden. Die Verbesserungsschritte sind in Abb. 3 im Vergleich mit passenden experimentellen Daten dargestellt.

Die ideale kubisch-raumzentrierte Kugelanord-

nung ohne Kugelberührungen liefert im Vergleich die niedrigste effektive Wärmeleitfähigkeit. Durch eine zufällige Kugelanordnung ohne Kugelberührungen konnte das Ergebnis verbessert werden. Grund dafür sind lokale Kugelhäufungen, aufgrund des Zufallsfaktors, welche den thermischen Gesamtwiderstand senken. Dies kann in einem simplen Widerstandsmodell nachgerechnet werden. Eine weitere Verbesserung bringt die Berücksichtigung der Kontaktflächen zwischen den Kugeln und dadurch die bessere Ausbildung von thermischen Pfaden.

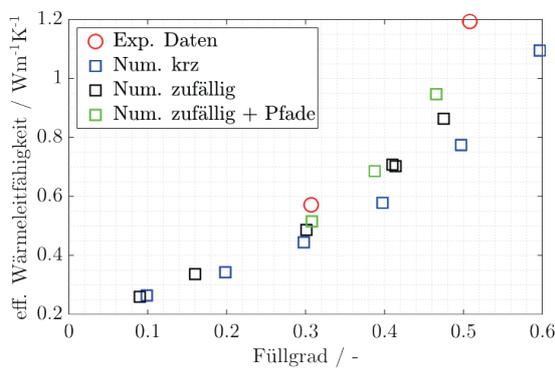


Abb. 3: Experimentelle und numerische Ergebnisse

### Ausblick

Durch Zugabe einer Zweitflüssigkeit bei der Probenherstellung können sogenannte Kapillarsuspensionen erzeugt werden. Dabei bilden sich thermisch leitfähige Partikelnetzwerke. Durch gezielten Einsatz dieser Methode können hohe Wärmeleitfähigkeiten bei geringem Materialeinsatz an Partikeln erreicht werden. Weitere experimentelle und numerische Untersuchungen sollen diese Hypothese bestätigen.

Mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen mit weiteren Partikelformen und -größen wird das numerische Modell laufend validiert und optimiert.

## Nachhaltigkeitsberichterstattung in kleinen und mittelständischen Unternehmen

Jens Schütte, Jonas Dickel (DHBW Mosbach Campus Bad Mergentheim)

### Ausgangssituation

Die Popularität des Nachhaltigkeitsbegriffs hat seit der Gründung der Sachverständigenkommission World Commission on Environment and Development (WCED) durch die UN im Jahr 1983 stetig zugenommen. Die gesellschaftlichen Anforderungen zu mehr Nachhaltigkeit sind zunehmend in den Fokus der Unternehmen gerückt. Um Transparenz und Verantwortung in Bezug auf ökonomische, ökologische und soziale Aspekte offenzulegen, ist in der Folge eine Vielzahl an (freiwilligen) Regelungen entstanden, über Nachhaltigkeitsaspekte zu berichten.

Um dem dabei aufkommenden Greenwashing entgegenzuwirken, hat die Europäische Union (EU) mit der Einführung der Non-Financial-Reporting Directive (NFRD) eine legislative Transformation der Berichterstattung von Unternehmen angestoßen. Ziel war es dabei, eine Vergleichbarkeit der offenzulegenden nicht-finanziellen Informationen herzustellen. Die Regelungen der NFRD wurden u.a. von den berichtspflichtigen Unternehmen allerdings noch teils stiefmütterlich gehandhabt. Das Ziel einer größeren Vergleichbarkeit verfolgte die EU mit dem Green Deal. Mit der vollzogenen Novellierung der Nachhaltigkeitsberichterstattung kommen auf die Unternehmen erhebliche Berichtspflichten zu. Hierzu zählen u.a. Vorgaben der EU-Taxonomie-Verordnung und der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD). Von ehemals ca. 6.000 berichtspflichtigen, großen Unternehmen steigt zudem der Anwenderkreis auf ca. 15.000 Unternehmen an. Unter die Anwendung fallen nun auch (kapitalmarktorientierte) kleine und mittelständische Unternehmen. Darüber hinaus werden über integrierte Lieferketten mittelbar weitere große, aber insbesondere auch kleine und mittelständische, nicht originär berichtspflichtige Unternehmen betroffen sein.

Die Komplexität sowie der Umfang der Informationen, die die unterschiedlichen Stakeholdergruppen fordern, stellen insbesondere die kleinen

und mittelständischen, berichtspflichtigen Unternehmen vor eine große organisatorische Herausforderung. Aktuelle Beiträge zeigen, dass selbst jene mittelständischen Unternehmen mit Vorreiterrolle in der Nachhaltigkeitsberichterstattung, lediglich ein Drittel der Offenlegungspflichten der neuen Vorschriften erfüllen (werden).

### Bisheriger Stand der Forschung:

Die steigende Relevanz der Nachhaltigkeitsberichterstattung führt auch in der empirischen Forschung zu einer höheren Aufmerksamkeit. Regulatorische und praktische Fragen stehen dabei im Fokus der Arbeiten.

Die Forschung auf dem organisatorischen Level ist noch überschaubar. Allgemein werden in diesem Forschungsfeld Fragen der Institutionen-, Legitimations- sowie Ressourcen-basierte Theoriesätze adressiert. Der Fokus liegt derzeit im Wesentlichen auf der Qualität und Quantität der Nachhaltigkeitsberichterstattung. Ein ganzheitlicher Implementierungsprozess wird bislang nicht betrachtet und als Datenbasis dienen vereinzelt die noch sehr rudimentären (alten) Regelungen der NFRD. Diese Regelungen betreffen zudem nur große, kapitalmarktorientierte Unternehmen. Der gesamthafte Implementierungsprozess in kleinen und mittelständischen Unternehmen blieb bislang unberücksichtigt. Nach Bergmann und Posch besteht zwischen großen Unternehmen sowie kleinen Unternehmen jedoch ein Unterschied in der organisatorischen Last, die durch die Nachhaltigkeitsberichterstattung induziert wird. Aufgrund dessen stellt sich die folgende zentrale Forschungsfrage: **Wie wird der Prozess zur Implementierung regelkonformer Nachhaltigkeitsberichterstattung in der Organisation von kleinen und mittelständischen Unternehmen gestaltet?**

Die Ergebnisse der Forschung sind aufgrund des vorherrschenden Zeitdrucks zur Umsetzung in kleinen und mittelständischen Unternehmen von besonderer Bedeutung. Die notwendige effiziente Nutzung von Ressourcen und Kapazitäten in kleinen und mittelständischen Unternehmen, begleitet von einer qualitativ hochwertigen Nachhaltigkeitsberichterstattung, stehen im Fokus der Forschung. Bedeutsam sind die Ergebnisse ebenfalls im Standardsetting-Prozess. So hat die EU

bereits spezielle Standards für kleine und mittelständische Unternehmen angekündigt, um eine organisatorische Überlastung der Unternehmen zu verhindern.

### **Methodisches Vorgehen**

Das Forschungsprojekt basiert auf einem qualitativen Forschungsansatz nach dem Grounded Theory-Konzept nach Glasner/Strauss. Eine longitudinale Multiple-Case Study mit kleinen und mittelständischen Unternehmen, die nach der CSRD erstmals berichtspflichtig werden, wird eingebunden. Der Großteil der Daten wird auf semi-strukturierten Interviews mit Experten basieren, hinzu kommen Daten aus Beobachtungen, bereitgestellten Dokumenten der beteiligten Unternehmen oder auch informellen Gesprächen. Die gewonnenen Daten werden unter Anwendung der Inhaltsanalyse nach Mayring ausgewertet und interpretiert.

Ziel des Forschungsprojekts ist es, ein Prozessmodell – in Anlehnung an den schon früh entwickelten processual approach von organisatorischen Veränderungen – für kleine und mittelständische Unternehmen zur Einführung der unmittelbar bzw. mittelbar verpflichtenden Nachhaltigkeitsberichterstattung abzuleiten.

### **Quellen**

Bergmann, A./Posch P. (2018): Mandatory Sustainability Reporting in Germany: Does Size Matter?, in: Sustainability, Vol. 10, Nr. 11, 3904.

Europäische Kommission (2014): Richtlinie 2014/95/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 zur Änderung der Richtlinie 2013/34/EU im Hinblick auf die Angabe nichtfinanzieller und die Diversität betreffender Informationen durch bestimmte große Unternehmen und Gruppen.

Europäische Kommission (2021): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 2013/34/EU, 2004/109/EG und 2006/43/EG und der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen.

Glasner, B.G./Strauss, A.L. (1976): The discovery of grounded theory, Chicago: Aldine.

Mayring, P. (2022): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz Juventa.

Pettigrew, A.M. (1985): The Awakening Giant: Continuity and Change at ICI, Oxford: Blackwell.

Warnke, L./Müller, S./Needham, S. (2022): Nachhaltigkeitsberichterstattung mittelständischer Unternehmen – Lücken in der freiwilligen Berichtspraxis zu den Vorgaben der E-ESRS, in: Zeitschrift für Bilanzierung, Rechnungswesen und Controlling (Heft: 10), S. 466-472.

# RoboGrind – Hybride AI für die Oberflächenbearbeitung mit Robotern

Florian Stöckl, Silvan Müller, Oliver Rettig, Saad Alhasan, Marcus Strand (DHBW Karlsruhe)

## Ausgangssituation

Ausgesonderte Flügel von Windrädern stellen eine Herausforderung für eine nachhaltige und grüne Energiewende dar. Ihr Material, ein Kohlenstofffaser- oder Glasfaser-Kunststoff-Verbund, ist schwer abbaubar und sorgt dafür, dass Flügel aktuell entweder vergraben (Martin, 2020) oder geschreddert und als Energie- und Materialquelle in der Zementindustrie benutzt werden (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall, 2019). Bei geschätzten 5.000 Tonnen an Flügelmaterial im Jahr 2023 empfiehlt es sich nach Lösungen zur Wiederverwendung anstelle von Recycling zu suchen (Commission, 2015). Aktuelle Wiederaufbereitungsverfahren basieren auf manuellen Eingriffen, wodurch diese teuer und ineffizient gegenüber Neuproduktionen sind. Bisherige Automatisierungsverfahren scheitern an der Individualität der Werkstücke durch die verschiedenen Schadensbildern an den ausgemusterten Flügeln.

## Projektdurchführung

Das Ziel des Projekts RoboGrind ist die Vereinbarkeit von Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit durch automatisierte, KI-basierte Wiederaufbereitung. Die Fähigkeiten künstlicher Intelligenz sollen eine automatisierte, individuelle Reparatur ermöglichen, da sich der Algorithmus durch vorhergehendes Training an Gegebenheiten anpassen und Wissen über die Ausführung erlangen kann. Für den Wiederaufbereitungsprozess werden Sensoren zur Schadensdetektion mit Werkzeugen zur Oberflächenbearbeitung verbunden. Nach einer initialen Analyse und darauf basierender Bahnplanung ist damit eine kontinuierliche Schleife aus Bearbeitung und Kontrolle möglich. Diese Schleife nutzt eine hybride KI für kontinuierliches Lernen über Materialabtrag unter Anwendung verschiedener Schleifparameter, wie Vorschubgeschwindigkeit und Anpressdruck. Der zweite Teil der hybriden KI besteht aus Fachwissen von Experten von Wiederaufbereitungsprozessen.

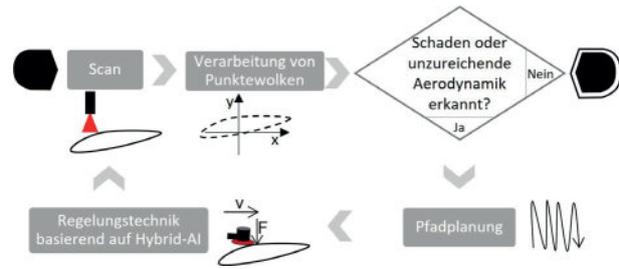


Abb. 1: Workflow und Bestandteile von RoboGrind am Beispiel Windrad-Flügel-Aufbereitung

Abbildung Abb. 1 zeigt den Workflow und die Bestandteile von RoboGrind am Beispiel einer Windrad-Flügel-Aufbereitung.

Im ersten Schritt wird ein Werkstück mithilfe eines 3D-Laserscanners gescannt. Der Scanner befindet sich dazu an einem Roboterarm und wird über das Werkstück geführt. Aus dem Scan entsteht eine Punktwolke, welche nachverarbeitet und analysiert wird. Mittels eines Algorithmus zur Ausreißerererkennung und einer Simulation werden Schäden detektiert und die Aerodynamik des Windrad-Flügels ermittelt. Sind Bearbeitungen erforderlich, so wird ein Pfad für das verwendete Bearbeitungswerkzeug geplant. Die Regelungstechnik zur Steuerung des Werkzeugs basiert auf der Hybrid-KI. Diese KI soll ein Werkzeug effizient steuern und Schäden an Werkstücken vermeiden. Vorberechnungen der KI finden ebenfalls in einer Simulationsumgebung statt. Im letzten Schritt des Workflows findet ein Review statt, welches nochmals die Glattheit und Aerodynamik des Flügels prüft.

## Ergebnisse

Alle nachfolgenden Ergebnisse sind als vorläufig zu betrachten, da sich das Projekt in der Durchführung befindet.

Der aktuelle Stand des Algorithmus zur Bahnplanung zeigt, dass eine Anpassung an gekrümmte Formen allein auf Basis von optischen Sensordaten und Vektorberechnungen möglich ist. Die Genauigkeit optischer Sensoren ist für den vorliegenden Anwendungsfall ausreichend, sodass kein Abtasten oder manuelles Teachen einer Bahn erforderlich ist.

Die ursprünglich angenommenen Anforderungen an eine lokale Genauigkeit sind im Laufe des Projekts einer globalen Aerodynamik gewichen. Die Erkenntnis bei der Wiederaufbereitung von Wind-

kraftflügeln ist, dass das Schleifergebnis an einer Stelle nicht auf Hundertstelmillimeter genau sein muss, jedoch muss die Oberfläche des gesamten Flügels glatt und stromlinienförmig sein. Es darf keinen Widerstand für Wind gegeben, da ansonsten die Effizienz des Windkrafttrads leidet und schneller neue Schäden am Flügel auftreten.

Bei der Auswahl optischer Sensoren ist darauf zu achten, welche Oberflächen gescannt werden sollen. Die Oberflächenbeschaffenheit und -farbe, sowie Umgebungseinflüsse, wie Beleuchtung, können einen Einfluss auf die Qualität von Punktwolken haben. Der verwendete 3D-Laserscanner Gocator 2490 von LMI Technologies kann zum Beispiel keine dunklen Oberflächen scannen. Diese führen zu Löchern in den Punktwolken. Eine Lösung für dieses Problem ist die Kombination verschiedener optischer Sensoren unterschiedlichen Typs.

Je nach erforderlicher Genauigkeit und Werkstückform kann anstelle eines robotergeführten Scans eine Linearführung auf x- und y-Achse, ähnlich eines CNC-Systems, sinnvoll sein. Mit dieser Technik ist eine genauere und stabilere Sensor- und Werkzeugführung möglich. Dafür können keine Scans aus verschiedenen Perspektiven durchgeführt werden, um Werkstücke mit komplexer Oberflächenstruktur vollständig zu erfassen.

Um Wiederaufbereitungsprozesse vollständig abzubilden, empfiehlt es sich neben einer optischen Oberflächenerfassung auch zerstörungsfreie Verfahren zur Ermittlung innerer Materialzustände durchzuführen. Auf diese Weise kann initial entschieden werden, ob eine Wiederaufbereitung sinnvoll ist, und abschließend geprüft werden, ob Bearbeitungsprozesse zu Schäden im Material geführt haben.

## Quellen

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall. (July 2019). Entsorgung faserhaltiger Abfälle. resreport.

Commission, E. (22. May 2015). Waste prevention and management. Waste prevention and management. Von [https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index_en.htm) abgerufen

Martin, C. (5. February 2020). Wind Turbine Blades Can't Be Recycled, So They're Piling Up in Landfills. (Bloomberg, Herausgeber) Abgerufen am 22. March 2023 von Wind Turbine Blades Can't Be Recycled, So They're Piling Up in Landfills: <https://archive.is/hOMtM>

## Optimierung von Nachhaltigkeitskennzeichnungen

Welche Aspekte sind relevant und wie sollen sie dargestellt werden?

Anneke Anders, Maren Kreiser, Carolyn Hutter, Carsten Leo Demming (DHBW Heilbronn)

### Ausgangssituation

Der Lebensmittelsektor ist verantwortlich für rund 30 % der weltweiten Emission von Treibhausgasen (Crippa et al. 2021). Dieser Beitrag ließe sich durch eine nachhaltigere Ernährungsweise deutlich reduzieren (Hallström et al. 2015). Nachhaltige Kaufentscheidungen sind für Konsument\*innen jedoch schwierig (Shao 2016). Insofern kann eine Nachhaltigkeitskennzeichnung hilfreich sein, um nachhaltigere Lebensmittel zu erkennen. Bisherige Forschung zeigt, dass noch unklar ist, welche Nachhaltigkeitsaspekte Konsument\*innen in ihrer Entscheidung berücksichtigen (Grunert et al. 2013).

### Projektziele

Das Forschungsprojekt Vermittlung relevanter Nachhaltigkeitsinformationen (VereNa) verfolgt das Ziel, einen Beitrag für eine transparente und kundenfreundliche Kennzeichnung zu leisten, die Verbraucher\*innen bei nachhaltigeren Kaufentscheidungen unterstützt. Innerhalb des Forschungsprojekts VereNa untersucht die vorliegende Studie anhand von zwei Wahlexperimenten näher, welche (a) Gestaltungselemente, (b) Nachhaltigkeitsaspekte und (c) Begriffe von Konsument\*innen bei Nachhaltigkeitskennzeichnungen bevorzugt werden.

Im ersten Wahlexperiment wird untersucht, wie sich die Variation von fünf Gestaltungselementen darauf auswirkt, wie hilfreich Konsument\*innen Kennzeichnungsoptionen wahrnehmen. Dadurch wird es möglich abzuleiten, welche Gestaltungselemente besonders wichtig sind und wie diese kombiniert werden sollten. Das zweite Wahlexperiment beschäftigt sich mit verschiedenen Nachhaltigkeitsaspekten und welche Begriffe benutzt werden sollten, um Nachhaltigkeit verständlich zu kommunizieren. Durch die Nutzung eines sogenannten adaptiven Wahlexperiments kann ermittelt werden, welche Aspekte Konsument\*innen in

die engere Auswahl nehmen. Beide Wahlexperimente werden durch eine Umfrage ergänzt, die Rückschlüsse ermöglicht, ob weniger nachhaltigkeitsorientierte Konsument\*innen besondere Vorlieben haben in Bezug auf Gestaltungselemente, Nachhaltigkeitsaspekte und Begriffe bei Nachhaltigkeitskennzeichnungen.

### Ergebnisse

*Erstes Wahlexperiment:*

Die Ergebnisse des ersten Wahlexperiments zeigen, dass Konsument\*innen ein ‚CO<sub>2</sub>-Darstellung‘ und ‚Abbildungsformat‘ besonders hilfreich finden. Weniger wichtig ist den Konsument\*innen, ob ein Label viel oder wenig Abstufungsklassen hat und wie die Bewertungsskala gestaltet ist (Abbildung 1).

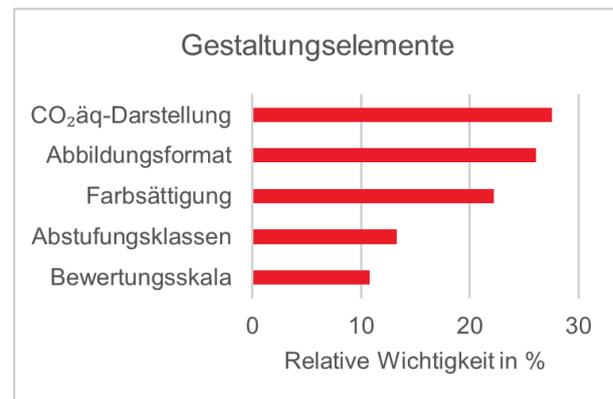


Abb. 1: Relative Wichtigkeit der Gestaltungselemente

Im Einzelnen besonders hilfreich wurde erachtet:

1. eine konkrete CO<sub>2</sub>-Darstellung des CO<sub>2</sub>-Verbrauchs in Autokilometern,
2. der Tacho als hilfreichstes Abbildungsformat.

Es ergeben sich zwei präferierte Kennzeichnungen:

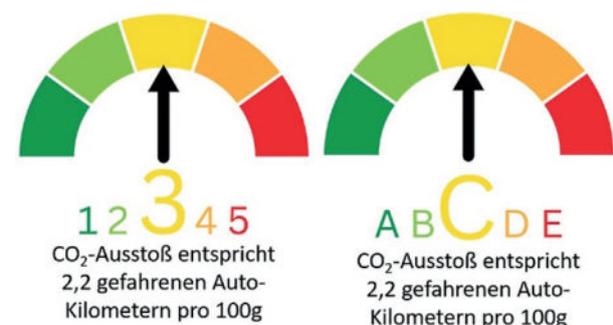


Abb. 2: präferierte Kennzeichnungen aus dem ersten Wahlexperiment.

### Zweites Wahlexperiment:

Die Ergebnisse des zweiten Wahlexperiments zeigen, welche Nachhaltigkeitsaspekte am besten zur Kommunikation geeignet sind. Aus neun getesteten Aspekten (Biodiversität, Klima, Pestizide, Regionalität, soziale Bedingungen, Tierwohl, Transport, Verpackung und Wasserverbrauch) konnten fünf identifiziert werden, die für Konsument\*innen besonders relevant sind. Abbildung 3 zeigt die relativen Wichtigkeiten dieser fünf Aspekte.

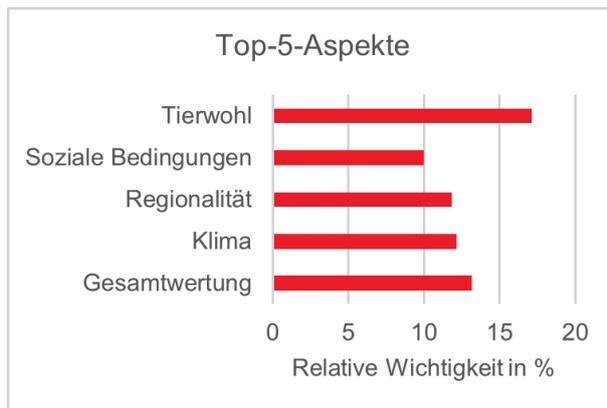


Abb. 3: Relative Wichtigkeit der Top-5-Aspekte.

Auffällig ist, dass der Aspekt Tierwohl von den Konsument\*innen als wichtigster Aspekt wahrgenommen wird – und sogar wichtiger ist als die Gesamtwertung.

Weiterhin wurde untersucht, ob unterschiedlich komplexe Begrifflichkeiten zu veränderten Wichtigkeitseinschätzungen führen. Dazu wurden die Begriffe Biodiversität und Pestizide durch die einfacheren Begriffe biologische Vielfalt und Pflanzenschutzmittel in einer Experimentalgruppe ausgetauscht. Nur in dem zweiten Fall kam es zu signifikanten Unterschieden zwischen den Begriffen, allerdings wurde überraschenderweise nicht der einfachere Begriff als wichtiger wahrgenommen.

### Ausblick

Zum einen lässt sich aus dem ersten Wahlexperiment ableiten, dass Konsument\*innen bei einer zukünftigen Nachhaltigkeitskennzeichnung von einer konkreten CO<sub>2</sub>-Darstellung des CO<sub>2</sub>-Verbrauchs in Autokilometern profitieren.

Zum anderen zeigen die Ergebnisse des zweiten Wahlexperimentes, dass Nachhaltigkeitsaspekte in der Kommunikation sorgfältig gewählt und formuliert sein sollten.

Die Erkenntnisse aus beiden Wahlexperimenten ermöglichen den Vorschlag einer optimierten Nachhaltigkeitskennzeichnung. Damit trägt die Studie substantiell zur Diskussion einer geeigneten Nachhaltigkeitskennzeichnung bei und informiert damit Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft.

### Quellen

Crippa, M.; Solazzo, E.; Guizzardi, D.; Monforti-Ferrario, F.; Tubiello, F. N.; Leip, A. (2021): Food Systems are Responsible for a Third of Global Anthropogenic GHG Emissions. In: *Nature Food* 2 (3), S. 198–209. DOI: 10.1038/s43016-021-00225-9.

Grunert, Klaus G.; Hieke, Sophie; Wills, Josephine (2013): Sustainability Labels on Food Products: Consumer Motivation, Understanding and Use. In: *Food Policy* 44, S. 177–189. DOI: 10.1016/j.foodpol.2013.12.001.

Hallström, Elinor; Carlsson-Kanyama, Annika; Börjesson, Pal (2015): Environmental Impact of Dietary Change: A Systematic Review. In: *Journal of Cleaner Production* 91, S. 1–11. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.12.008.

Shao, Jing (2016): Are Present Sustainability Assessment Approaches Capable of Promoting Sustainable Consumption? A Cross-Section Review on Information Transferring Approaches. In: *Sustainable Production and Consumption* 7, S. 79–93. DOI: 10.1016/j.spc.2016.05.001.

## Zwischen Selbstverpflichtung und Lizenzierung: Deutsche Sportligen im Nachhaltigkeitsvergleich

Carsten Schröder (DHBW Mannheim)

### Ausgangssituation

Veranstaltungen im Bereich des Sports erfreuen sich national und international einer großen Beliebtheit. Laut VuMA 2021 treiben 42% der Deutschen aktiv Sport, 9% besuchen mind. monatlich Sportveranstaltungen. Vor allem "König Fußball" steht hoch in der Gunst von aktiven und passiven Sportzuschauern. Mit leicht abnehmender Tendenz ist laut der Allensbacher Markt- und Werbeträger-Analyse (AWA) Fußball im Jahr 2022 die beliebteste Sportart in Deutschland: Etwa 30% der befragten Deutschen geben an, sich ganz besonders für Fußball zu interessieren. Im Ligasport sind zudem noch Handball (11,3%), Eishockey (7,7%) und Basketball (4,8%) zu nennen.

Mit der Durchführung von Veranstaltungen verbindet sich seit geraumer Zeit die Frage nach der Nachhaltigkeit. Der Leitfaden für die Durchführung nachhaltiger Veranstaltungen des BMU ist 2020 bereits in der 4. Auflage erschienen. Die wissenschaftliche Diskussion nimmt das Thema allgemein (z.B. Knoll, T./Luppold, S. 2022) oder auch speziell für den Sport, und hier Fußball, auf (z.B. Hildebrandt, A. 2014; Werheid, M./Mühlen, M. 2019).

Auch vor dem Hintergrund von Forderungen und Initiativen aus dem Sport selbst sowie von externen Stakeholdern wie Medien, Sponsoren und Zuschauern gerät das Thema Nachhaltigkeit besonders seit Ende der Corona-Pandemie noch zentraler in den Blick der Ligen, die aufgerufen sind, einen strategischen Rahmen für die Durchsetzung von Nachhaltigkeitszielen zu setzen.

### Projekt

Während sich die öffentliche und akademische Aufmerksamkeit fast ausschließlich dem Fußball widmet, wird der Fokus im Projekt erweitert. Zentrale Frage ist, wie sich neben dem Fußball auch andere deutschen Top-Ligen - namentlich Handball, Eishockey und Basketball - dem Thema Nachhaltigkeit stellen. Der Fußball wird in Freiluftstadien gespielt, die drei anderen Ligen nutzen

geschlossene Veranstaltungslocations, die nur für spezielle Events verlassen werden. Gemein ist ihnen als so genannte Teamsportarten das Vorhandensein von zwei Ebenen der Kollektivakteure – den Ligen und den Clubs – die sich, anders als bei Individualsportarten, als langfristige Marken positionieren.

Bezugspunkt dieser Analyse ist die Betrachtung von Regularien, Vorgaben und Initiativen der Ligen als zentraler organisatorischer Instanz des Wettbewerbs. Dazu wurde ein strukturierter Desk-Research durchgeführt. Es ist geplant, durch Experteninterviews mit Ligavertretern weitere Aussagen aus der Innenperspektive der Ligen zu generieren.

Die Ligen-Perspektive kann später um die Bestandsaufnahme von Aktivitäten zum Thema CSR/Nachhaltigkeit einzelner Vereine und Clubs erweitert werden, die zum einen mit ihren lokalen Maßnahmen die Entwicklungen der Ligen antreiben und die zum anderen Maßgaben umsetzen werden müssen. Die Wahrnehmung und Bewertung des Themas Nachhaltigkeit im Sport wird schließlich in einer quantitativen Studie mit am Sport interessierten Befragten („Fans“) aufgenommen. Im April/Mai 2023 ist eine erste Befragung unter 16-29-Jährigen im Feld.

### Erste Ergebnisse:

#### *Fußball:*

Die Deutsche Fußball-Liga (DFL) hat das Thema Nachhaltigkeit in der Lizenzierung der Clubs zur Saison 2023/24 verpflichtend aufgenommen. Sie geht damit für Deutschland und Europa einen bisher einzigartigen Weg im Fußball. Die Kriterien sind den Bereichen „Clubführung & -organisation“, „Umwelt & Ressourcen“ und „Anspruchsgruppen“ zugeordnet, in den sich alle drei Bereiche der Nachhaltigkeit (Ökologie, Soziales, Ökonomie) widerspiegeln. Eine schrittweise Erhöhung der Ansprüche an die zu lizenzierenden Clubs der 1. und 2. Bundesliga ist vorgesehen.

#### *Handball:*

Das Thema Nachhaltigkeit wird von der LIQI MOLI HBL bisher vor allem im Zusammenhang mit der Durchführung von Events wie dem REWE Final4 aufgenommen, das zum Gewinn des DHB-Pokals führt. Die Säulen Soziales und Ökologie stehen dort im Zentrum. Die HBL hat im April 2023 ei-

nen ersten Nachhaltigkeitspartner gefunden, der besonders hinsichtlich ökologischer Ziele unterstützen wird. Hinsichtlich Selbstverpflichtung oder Lizenzierung lassen sich derzeit noch keine Aussagen finden.

#### *Basketball:*

Die easyCredit BBL orientiert sich bei der Entwicklung seiner Nachhaltigkeitsstrategie an den Sustainable Development Goals (SDGs) der United Nations (UN). Mit Hilfe wissenschaftlicher Expertise wurden aus 5 SDGs (Gesundheit und Wohlergehen | Hochwertige Bildung | Weniger Ungleichheiten | Maßnahmen zum Klimaschutz | Partnerschaften) 15 Subziele benannt, deren Umsetzung verbindlich ab der Saison 2022/23 wird. Die BBL sieht die Umsetzung als eine neue Kernaufgabe. Eine Arbeitsgruppe bestehend aus 11 Experten aus Liga, Clubs und Sponsoren wurde etabliert. Zwar wird im September 2022 ein BBL Nachhaltigkeitsmanager für Ende 2022 angekündigt, er findet sich im April 2023 jedoch nicht auf der Homepage.

#### *Eishockey:*

Mit dem Konzept „DEL4 – das vierte Drittel“ nimmt sich die PENNY DEL seit November 2022 dem Thema Nachhaltigkeit offiziell an. In den Bereichen „Integrität des Spiels - Fairplay“, „Nachwuchs - Youth“, „Unser Miteinander - All“ sowie „Unsere Umwelt - Nature“ soll die Nachhaltigkeit der Liga geschützt werden. Zwar wird für die Geschäftsstelle ein konkretes, verbindliches Klimaziel festgelegt, doch haben die weiteren Maßnahmen bisher noch keinen klaren institutionellen verbindlichen Rahmen für die Clubs.

### **Fazit und Ausblick**

Sportvereine sind durch ihren Status als gemeinnützige Vereine prädestiniert, sich um gesellschaftliche Themen zu kümmern. Mit zahlreichen CSR Aktivitäten nehmen sie sich einzeln Nachhaltigkeitsproblematiken an. Die Beliebtheit und Strahlkraft von Ligen, Clubs und Sportler\*innen kann dazu beitragen, das Thema Nachhaltigkeit stärker in den Fokus der Öffentlichkeit zu nehmen. Erste Maßnahmen und Handlungsstandards haben sich aus den Clubs entwickelt, sie werden nun von den Ligen aufgenommen und in unterschiedlicher Schnelligkeit und Verbindlichkeit institutionalisiert. Dabei ist die konkrete Umsetzung

genau zu betrachten, damit sich aus hehren Zielen keine Papiertiger entwickeln, die zu gegenteiligen Resonanzen bei engagierten Clubs und kritischen Fans führen.

### **Quellenauswahl**

BMU (Hrsg.) (2020): Leitfaden für nachhaltige Veranstaltungen. 4. Aufl. Zugriff: 21.03.2023. <https://www.bmu.de/publikation/leitfaden-fuer-die-nachhaltige-organisation-von-veranstaltungen/>

Hildebrandt, A. (Hrsg.) (2014): CSR und Sportmanagement. Jenseits von Sieg und Niederlage: Sport als gesellschaftliche Aufgabe verstehen und umsetzen. Springer: Wiesbaden.

IfD Allensbach. (2022). Beliebteste Sportarten in Deutschland. Zugriff: 25. April 2023. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171072/umfrage/sportarten-fuer-die-besonderes-interesse-besteht/>

Knoll, T./Luppold, S. (Hrsg.) (2022): Praxis-Guide für Nachhaltigkeit in der Eventbranche. Springer: Wiesbaden.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industrie 4.0 Auslöser. *Wirtschaftsinformatik*, 56(4), 261-264.

VuMA (Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse). (2021). Beliebteste Freizeitbeschäftigungen, Aktivitäten und Sportarten Deutschland Zugriff: 25. April 2023. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171601/umfrage/mehrmals-pro-monat-ausgeuebte-freizeitaktivitaeten/>

Werheid, M./Mühlen, M. (Hrsg.) (2019): CSR und Fußball. Nachhaltiges Management als Wettbewerbsvorteil – Perspektiven, Potenziale und Herausforderungen. Springer: Wiesbaden.

# 3D-Thermocell – Strukturstabile, ressourcenschonende Verpackungslösungen aus 3D-thermogeformten Cellulose-Verbundwerkstoffen aus biobasierten Papierinhaltsstoffen

Monika Korbmann (DHBW Karlsruhe)

## Ausgangssituation

Millionen Tonnen Plastikmüll landen weltweit in den Ozeanen. Im Jahr 2010 produzierten 192 Küstenländer etwa 275 Millionen Tonnen Plastikmüll, von denen zwischen 4,8 und 12,7 Millionen Tonnen in den Ozeanen landeten [1].

Darüber hinaus ist das Recycling von Papierverpackungen in Europa weit verbreitet und erreicht Recyclingquoten von über 80 %, im Gegensatz zu Kunststoffverpackungen, die Recyclingquoten von unter 50 % erreichen [2].

Vor diesem Hintergrund sollen neue Verpackungen aus 100 % biobasierter Cellulose entwickelt werden, die 3-dimensional formbar sind und auf Kunststoff-Thermoformanlagen verarbeitet werden können. Dies führt zu leichten, dünnwandigen und strukturstabilen Verpackungen, die problemlos im Papierabfallstrom recycelt werden können.

## Projekt

Am Verbundprojekt, welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, arbeitet die DHBW mit Partnern entlang der gesamten Wertschöpfungskette an der Entwicklung eines neuen Werkstoffes für Verpackungen, zur Verarbeitung auf Thermoformanlagen.

Beim konventionellen Kunststoffthermoformen

wird ein thermoplastischer Kunststoff bis zum Erweichungspunkt erwärmt und dann mit Vakuum umgeformt.

Diese Technologie ist weit verbreitet und bietet somit die Grundlage für ein großes Marktpotenzial. Die Herausforderung ist Papier soweit zu modifizieren, dass es auf diesen Anlagen zu filigranen Verpackungen geformt werden kann.

## Projekttablauf

Während des Projektes werden folgende Themen bearbeitet:

- Materialentwicklung eines neuen Cellulosewerkstoffes / Papier
- Prozess- und Verfahrensentwicklung des angepassten Thermoformprozesses
- Charakterisierung des neuen Werkstoffes und der daraus entstehenden Verpackung
- Begleitende Charakterisierung und Marktbeobachtung

## Vorgehen

Der Hauptbestandteil von Papier ist Cellulose, welches der am häufigsten vorkommende nachwachsende Rohstoff weltweit ist. Allerdings wird Cellulose bei Hitze zerstört und erweicht nicht wie Kunststoff.

Um eine Formung auf Thermoformanlagen zu ermöglichen, werden neue papierbasierte Werkstoffe mit verschiedenen Additiven, unter anderem Gelatine, PVOH und Chitosan, entwickelt.

In den Versuchen erwies sich Chitosan als vielversprechender Zusatzstoff.

Neben der Cellulose ist Chitin ein weiteres Biopolymer, das weltweit theoretisch mit über 1013 kg in verschiedensten Formen (Insektenpanzer, Pil-

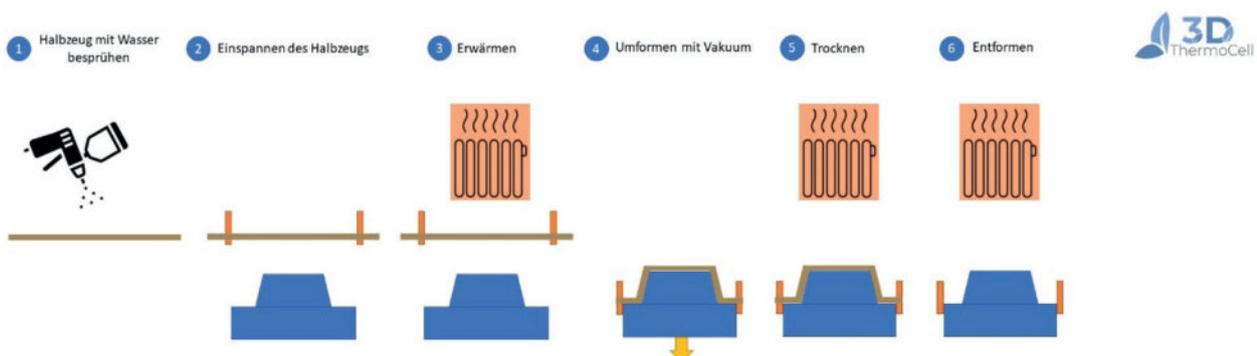


Abb. 1: Prozessschritte beim Umformen von Papier

zen, Krustentierschalen, Bakterien etc.) zur Verfügung steht [3]. Durch Deacetylierung wird aus Chitin Chitosan hergestellt. Chitin selbst ist nicht wasserlöslich, Chitosan ist in leicht saurer Umgebung in Wasser löslich.

### Projektarbeiten und Ergebnisse

Um die Formbarkeit der Papiere zu verbessern, werden dem Papier während des Herstellungsprozesses 2-6 Gew.-% Chitosan zugegeben. Um ein besseres Gleiten der Fasern zu erreichen und damit eine bessere Formbarkeit, wird das Papier vor dem Umformen mit Wasser eingesprüht (siehe Abb.1).

Bei Zugversuchen konnte nachgewiesen werden, dass durch Chitosan die Dehnung des Papiers im Vergleich zur Nullprobe erhöht wird. Bei einer Zugabe von 6 % Chitosan kann die Dehnung in feuchtem Zustand nahezu verdoppelt werden (siehe Abb. 2).

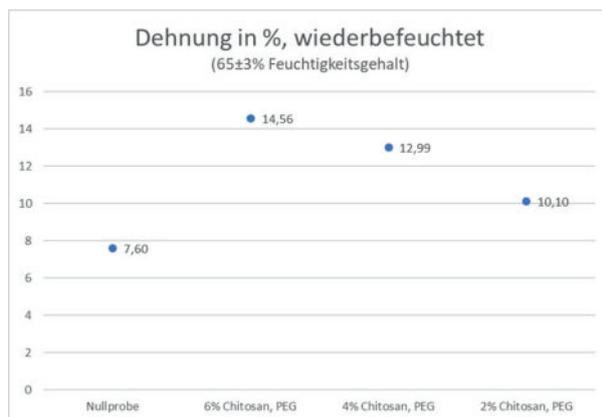


Abb. 2: Dehnung in %, bei 65 % Feuchtigkeit

Aktuell kann eine Umformtiefe von 25 mm erreicht werden (siehe Abb. 3).

### Ausblick

Im weiteren Projektverlauf werden die Werkstoffe und der Umformprozess weiterentwickelt. Auf Basis der Ergebnisse werden Demonstratoren für verschiedene Einsatzgebiete im Verpackungsbereich entwickelt. Vorgesehen ist jeweils ein Demonstrator für eine Verpackung im Food- und eine im Non-Food-Bereich.



Abb. 3: Papierprobe mit 4% Chitosan

### Quellen

- (1) Jenna R. Jambeck u. a. „Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean“. In: Science (New York, N.Y.) 347.6223 (2015), S. 768–771. doi: 10.1126/science.1260352
- (2) Eurostat: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei\\_wm020/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm020/default/table?lang=en) (24.02.2022)
- (3) K. V. Harish Prashanth und R. N. Tharanathan. „Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential—an overview“. In: Trends in Food Science & Technology 18.3 (2007), S. 117–131. issn: 09242244. doi: 10.1016/j.tifs.2006.10.022

## KI-basierte Punktwolkenanalyse und webbasierte VR-Visualisierung (KIP-VR)

Tim Jansen, Dominik Ruoff (DHBW Stuttgart Campus Horb)

### Ausgangssituation

Die Geometrie eines Objektes kann heutzutage mit modernen laser- oder bildgestützten Verfahren u.a. als sogenannte Punktwolken erfasst werden. Unter einer Punktwolke wird eine Anhäufung von Datenpunkten innerhalb eines Vektorraums verstanden. Die mitgeschriebenen Raumkoordinaten ermöglichen dabei eine exakte Definition der Punkte im Raum. Aufgenommene Punktwolken werden aktuell händisch in 3D CAD-Modelle überführt, was die effiziente, nachhaltige und kosteneffektive Anwendung jener mindert.

### Projektdurchführung

In den vergangenen Jahren hat sich der Einsatz von maschinellem Lernen, oftmals auch als künstliche Intelligenz bezeichnet, rasant entwickelt. Ausgehend von Entwicklungen wie Support-Vector-Machines, Bayer-Netzen und weiteren probabilistischen Verfahren zur überwachten als auch unüberwachten Klassifikation, Identifikation und Objekterkennung haben in den letzten Jahre wieder Neuronale Netzwerke, jetzt insbesondere Convolutional-Neural-Networks (CNN) [1] zu extrem vielversprechenden Resultaten geführt. Gerade in der Bild- und Spracherkennung sind hier grundlegende Arbeiten entstanden. Möglich war dies insbesondere durch die rasante Entwicklung im Bereich Parallel-Computing auf dedizierter Hardware. Diese Verfahren benötigen für das Training des Netzwerkes große vorklassifizierte Datenmengen, sowie Rechenleistung. Davon ausgehend, gibt es jüngst Bestrebungen das 1D-Problem der Spracherkennung und das 2D-Problem der Bilderkennung auf das 3D-Problem der Objekterkennung basierend auf Punktwolken auszuweiten. Es zeigt sich jedoch, dass eine Dimensions-erhöhung zu einem exponentiellen Aufwand führt. Nichtsdestotrotz wurden Verfahren entwickelt, welche den erhöhten Aufwand weitgehend minimieren. So ist es heute möglich, ein CNN mit ausreichend vorhanden Trainingsdaten eines

komplexen Modells in wenigen Wochen auf einem Großrechner zu erlernen. Die Anwendung des Modells auf gegebenen Daten ist zumeist schon mit einfachster Hardware (Smartphone) effizient zu erreichen, sofern die Vorverarbeitung der Daten gut ist. Beispielhaft sind hier VoxNet [2] und PointNet [3] zu nennen. Diese Verfahren setzen eine oftmals komplexe Vorverarbeitung, d.h. sehr spezifisches Lernen (Training) mit großen Datenmengen, voraus, um hinreichende Ergebnisse zu erhalten.

Neben der Objektdetektion innerhalb der Punktwolken ist die Visualisierung der Daten mit modernen VR- oder auch AR-Brillen, sogenannten Headmounted-Displays, zentraler Forschungsbestandteil. Dank des extrem großen Potenzials der Spieleindustrie und den Investitionen in diesen Bereich konnten kostengünstige Produkte am Markt etabliert werden [4]. Hierdurch konnte das Interesse der Industrie an dieser Technologie zur Objekt- als auch zur Prozessvisualisierung gesteigert werden, was zu proprietären Applikationen für VR Anwendungen geführt hat. Die eigentliche Schwierigkeit, wie auch Chance, liegt hierbei in der universellen Austauschbarkeit und Ortsunabhängigkeit der Kunden, welche mit dem Objekt in VR interagieren sollen. Um nachhaltigen Erfolg garantieren zu können, ist ein übergreifendes Arbeiten auf Echtzeit-Datenbasis elementar. Für die Standardisierung von Webstandards im Webbrowser sind hierbei WebXR/OpenXR [5] VR-APIs geeignet. Hierdurch können VR-taugliche Endgeräte im Webbrowser angesprochen werden, ohne spezielle proprietäre Software zu installieren. Zusätzlich haben verschiedene universitäre Forschungsprojekte die 3D-Visualisierung von Punktwolken im Webbrowser mittels WebGL ermöglicht, wie zum Beispiel das weitverbreitete Potree [6].

### Ziele

Im Forschungsprojekt soll innerhalb der Punktwolke nach spezifischen Objekten gesucht werden, deren Geometrie durch 3D-CAD-Modelle bekannt sind. Mittels eines Punktwolken-Matchings mit dem Objektmodell soll eine Sublimitation der Punktwolke mit dem 3D-Modell erfolgen. Zur einfachen Nutzung der Datenmodelle erfolgt die Visualisierung über Headmounted-Displays, die zugleich über Handcontroller bzw. Hand- oder Augentracking eine Interaktion mit den Modellen

ermöglichen. Die webbrowsersbasierte Prozessvisualisierung stellt die Ergebnisse einfach und ohne zusätzliche Software dar. Der grundlegende Projektgedanke der dezentralen, virtuellen Zusammenarbeit in digitalen Modellen und VR-Welten reduziert die Reisenotwendigkeit und damit den ökologischen Fingerabdruck nachhaltig bei gleichzeitig steigender Wirtschaftlichkeit. Das Ziel der Minimierung des Ressourceneinsatzes ist eng verbunden mit dem möglichen Praxiseinsatz des digitalen Zwillings. Dieser ermöglicht ein schnelleres Bauen, genauer bestimmbare Bestellmengen und geringere Fehlerraten bzw. eine Reduzierung der Unsicherheiten. Somit ist das Projekt von Grund auf zum Schonen von monetären und physikalischen Ressourcen ausgelegt. Durch solche eine Ressourcenschonung ist auch der ökologische Vorteil gesichert. Die Möglichkeit der kontinuierlichen Verbesserung durch die Interaktion von Mensch und KI (Human-In-The-Loop) und die Anpassung für verschiedenste Anwendungsfälle macht das Projekt zu einer ökonomisch sinnvollen Investition in die Zukunft. Durch den zusätzlichen Fokus auf die Nutzerfreundlichkeit steht auch der soziale Aspekt im Vordergrund. Den Mitarbeitern wird die Arbeit erleichtert und es fällt weniger monotone Arbeit an, was zu ihrer Zufriedenheit führt. Diese Zufriedenheit hängt wiederum mit dem ökonomischen Aspekt zusammen und kann beispielsweise zu höherer Motivation und damit höherer Produktivität im Unternehmen führen.

Die Forschung wird gefördert vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus, Baden-Württemberg im Rahmen des Invest BW Förderprogramms. Umgesetzt wird sie, in Kooperation mit der Firma PointCab GmbH aus Wernau, deren Expertise im Bereich der Punktwolkenverarbeitung liegt, an der DHBW Stuttgart, Campus Horb unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Tim Jansen.

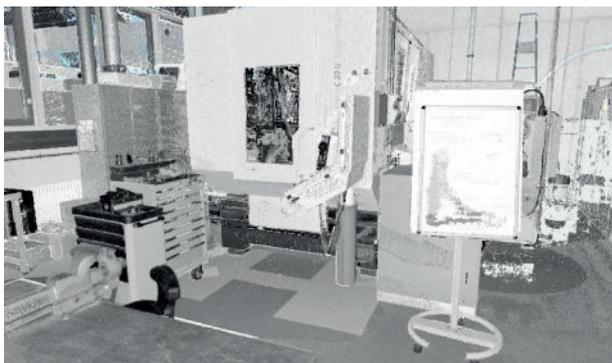


Abb. 1: Punktwolkenscan eines Bearbeitungszentrums



Abb. 2: Punktwolkenscan eines Bearbeitungszentrums mit Farbüberlagerung

## Quellen

- [1] Yann LeCun: LeNet-5, convolutional neural networks; [https://d2l.ai/chapter\\_convolutional-neural-networks/lenet.html](https://d2l.ai/chapter_convolutional-neural-networks/lenet.html), Zugegriffen: 05. April 2023.
- [2] Daniel Maturana (2015) "VoxNet: A 3D Convolutional Neural Network for Real-Time Object Recognition", [https://www.ri.cmu.edu/pub\\_files/2015/9/voxnet\\_maturana\\_scherer\\_iros15.pdf](https://www.ri.cmu.edu/pub_files/2015/9/voxnet_maturana_scherer_iros15.pdf), Zugegriffen: 20. April 2023
- [3] Charles R. Qi et.al. PointNet: „Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation“, [https://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2017/papers/Qi\\_PointNet\\_Deep\\_Learning\\_CVPR\\_2017\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/papers/Qi_PointNet_Deep_Learning_CVPR_2017_paper.pdf); Zugegriffen: 15. April 2023
- [4] Microsoft HoloLens 2 - <https://www.microsoft.com/de-de/hololens/hardware>; Zugegriffen: 05. April 2023
- [5] WebXR/OpenXR - <https://www.khronos.org/openxr/>; Zugegriffen: 2. Mai 2022.
- [6] Three.js - JavaScript 3D Library - <https://threejs.org/>; Zugegriffen: 20. Mai 2022. [Online].

# CO<sub>2</sub>-Runter, die CO<sub>2</sub>-Community App für Karlsruhe

Marco Schmidt (DHBW Karlsruhe), Norman Reimer (DHBW Karlsruhe), Oliver Rettig (DHBW Karlsruhe), Stefan Jergentz (Stadt Karlsruhe), Andreas Kugel (OK Lab Karlsruhe)

## Ausgangssituation

Wir alle tragen zum Klimawandel bei, aber wir können auch alle etwas dagegen unternehmen. Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist ein Indikator dafür, wieviel wir das Klima schädigen. Dabei kann der eigene CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einem das Gefühl von Druck und Machtlosigkeit geben. Aber er kann auch eine Quelle der Inspiration sein, wenn wir sehen, welchen Unterschied wir allein, aber besonders in der Gemeinschaft bewirken können.

## Die Idee

Ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck-Rechner, bei dem die Einzelperson ihren Abdruck berechnen und ihn dann lokalen Vergleichsgruppen (Stadtteile) und/oder sozialen Gruppen (z. B. Vereine) zuweisen kann. Auf einem Dashboard können dann die verschiedenen Gruppen in Vergleich zueinander, zu Durchschnitts-, historischen und geplanten Werten gesetzt werden. Hiermit soll der Fokus weg vom Individuum, hin zu (lokalen) Gemeinschaften gelegt und bereits entstandene Verbesserungen aufgezeigt werden.

## Projektdurchführung

Das Projekt wurde im Rahmen einer Studienarbeit an der DHBW Karlsruhe mit Unterstützung von OK Lab Karlsruhe [1] und der Stadt Karlsruhe umgesetzt.

Zum Beginn des Projektes stand schon eine rudimentäre Anwendung mit den grundlegenden Funktionen bereit [2-3]. Diese wurde vom Ok-Lab entwickelt und bot eine gute Grundlage für das Projekt. Das Ziel ist diese Anwendung durch weitere Funktionen zu verbessern.

Mit einer Anforderungsanalyse wurden die wichtigsten Funktionen herausgearbeitet und diese mit den Erkenntnissen aus einer Marktanalyse ergänzt. Hierbei haben sich folgende 4 Punkte ergeben:

- Intuitives, mobiles Design
- Wahl des Detaillierungsgrads bei der CO<sub>2</sub>-Fußabdruckberechnung
- Ein Gruppensystem
- Anpassbarkeit für andere Regionen und Zielgruppen

Aus diesen wurden dann ein nutzerfreundliches Design sowie das zugehörige technische Konzept für die Implementierung entwickelt.

Das neue Design ist so konzipiert, dass es eine einfache und intuitive Nutzung für die Anwender ermöglicht. Alle Informationen werden transparent und verständlich dargelegt, so dass die Anwender jederzeit die volle Kontrolle und Übersicht über ihre Daten haben.

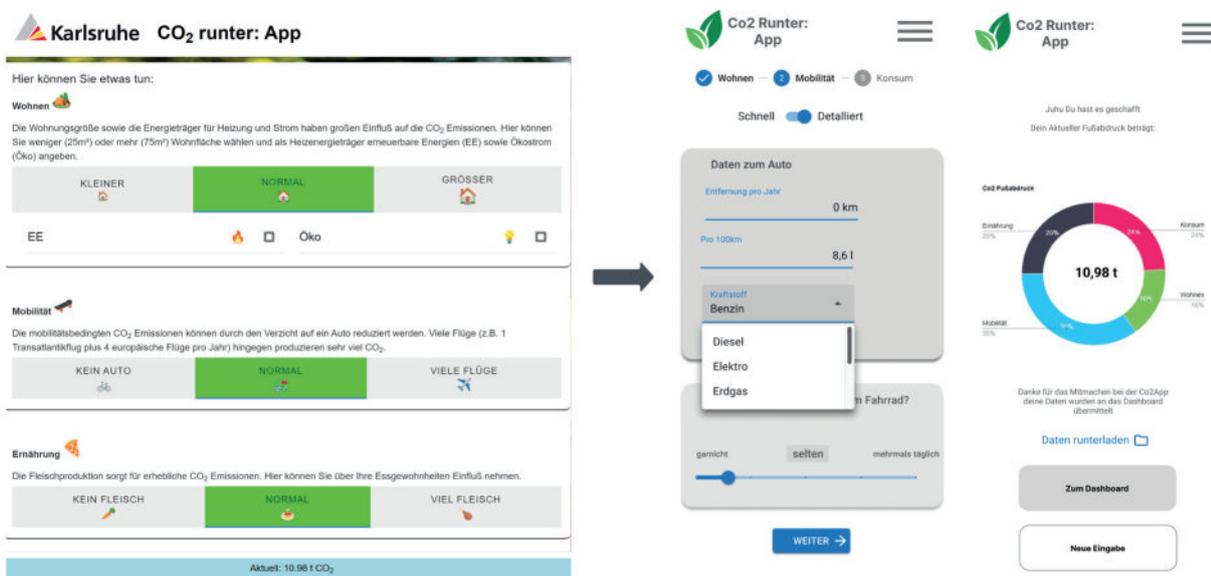


Abb. 1: Gegenüberstellung des alten und neuen Designs

Um eine hohe Wiederverwendbarkeit und Anpassbarkeit der Software zu gewährleisten, wurde sich für einen moderneren Technologie-Stack entschieden [4]. Dieser basiert auf aktuellen Standards und Frameworks, die eine hohe Flexibilität und Modularität ermöglichen. So kann die Software leicht an verschiedene Anforderungen und Szenarien angepasst und wiederverwendet werden, ohne die Qualität oder Sicherheit zu beeinträchtigen. Um volle Transparenz zu schaffen sowie das Weiterentwickeln und Anpassen der Anwendung zu ermöglichen, ist der gesamte Code als Open Source Projekt veröffentlicht. [5]

Als Datengrundlage für die CO<sub>2</sub>-Fußabdruckberechnung diente unter anderem der CO<sub>2</sub>-Rechner des Umweltbundesamtes [4,6]. Diese Daten wurden dann in unserer Anwendung zur Berechnung des individuellen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks verwendet. Die Wahl des Detaillierungsgrads bei der CO<sub>2</sub>-Fußabdruckberechnung wurde so gestaltet, dass die Qualität der erfassten Daten erhöht wird, ohne die einfache und schnelle Nutzbarkeit der Anwendung zu beeinträchtigen. Durch die Möglichkeit, individuelle Gruppen wie beispielsweise den eigenen Sportverein, die Schulklasse, die Arbeitsgemeinschaft oder die Familie zu erstellen, schafft das Gruppensystem Motivationsanreize und bietet eine Möglichkeit, andere Menschen dazu zu bringen, sich Gedanken zu ihrem eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu machen. Das Gruppensystem ist auch ideal für Messen und Veranstaltungen, um hier interaktiv ein gemeinschaftliches Verständnis zum Thema CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und Nachhaltigkeit zu schaffen.

## Ergebnisse

Nach Beendigung der Entwicklungsphase wird die Anwendung für alle über den Browser erreichbar sein. Der Schwerpunkt der Anwendung wird vorerst auf der Stadt Karlsruhe liegen.

Die Anwendung wird aus zwei Weboberflächen bestehen. Einer Web-App, in der individuelle Daten eingegeben werden können, um einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu berechnen und einem Dashboard, auf dem diese Daten dann in mehreren interaktiven Charts einsehbar sind.

## Quellen

[1] <https://ok-lab-karlsruhe.de/>

[2] <https://co2app.karlsruhe.de/home>

[3] <https://co2dash.karlsruhe.de/home>

[4] <https://github.com/stadt-karlsruhe/CO2-Runter/tree/main/Documentation>

[5] <https://github.com/stadt-karlsruhe/CO2-Runter>

[6] [https://uba.co2-rechner.de/de\\_DE/](https://uba.co2-rechner.de/de_DE/)

## Lokale Klimagovernance

Verena Schmid (ISoG BW, DHBW CAS), Adalbert Evers (CSI, Universität Heidelberg), Monika Gonser (ISOG BW, DHBW CAS)

### Einleitung

Nachhaltigkeit liegt im Trend. Immer mehr Personen versuchen ihr Leben nachhaltiger zu gestalten, indem sie weniger oder bewusster konsumieren. Unternehmen bieten nachhaltige Produkte an und politisch wird versucht, durch das Verbot bestimmter Produkte aus Einwegplastik einen nachhaltigeren Konsum vorzugeben. Vieles wird unter dem Begriff der Nachhaltigkeit subsumiert und es lassen sich unter diesem Label ganz verschiedene Handlungen fassen.

In unserem Forschungsprojekt zur „lokalen Klimagovernance“ betrachten wir vor allem lokale Wege der Aushandlung von Nachhaltigkeit. Dabei geht es insbesondere um kommunale Klimapolitik in Kooperation mit Wirtschaft und Zivilgesellschaft und darum welche Formen des Planens und Verwaltens in den letzten Jahren entstanden sind. Die Forschungsfrage lautet daher: Wie entwickeln sich neue Aktionsformen, Maßnahmen und Regulative, die unter dem Begriff der intersektoralen Governance diskutiert werden? Dazu wurden in sieben großen baden-württembergischen Städten im Netz freizugängliche Dokumente analysiert und Interviews mit je einem/einer Vertreter\*in der lokalen Verwaltung und zivilgesellschaftlicher Organisationen geführt, insgesamt als 14 Interviews.

Wir geben mit unserer Forschung einen Einblick in ein Feld der „lokalen Klimagovernance“, welches vielerorts neu aufgesetzt wird und zeichnen nach, wie eine Verständigung auf wirksame und zukunftsorientierte Formen, intersektorale Governance und eine entsprechende Kultur der Politik und des Verwaltungshandelns entsteht.

### Ergebnisdarstellung

Als erste Ergebnisse zeigen sich einerseits *neue Entwicklungen* innerhalb des *politisch-administrativen Systems* und der *Stadtgesellschaft* sowie andererseits *vier dominante Interaktionssettings* einer lokalen Governance.

Innerhalb des politisch-administrativen Systems lässt sich ausmachen, dass Klimaschutzpläne in den Kommunen stark an Bedeutung gewonnen haben, sich Klimaschutz als Querschnittsthema in der Verwaltung etabliert und Politik mit entsprechenden Maßgaben von der lokalen bis zur Bundesebene einen entscheidenden Einfluss auf entsprechendes Verwaltungshandeln vor Ort hat. Innerhalb der Stadtgesellschaft, vor allem bei den zivilgesellschaftlichen, umweltpolitisch motivierten, kollektiven Akteuren, entstehen verstärkt Initiativen im Bereich von Lebensweisen und Nachhaltigkeit, der Öffentlichkeitsbildung oder zu Beteiligung und Einflussnahme auf die Politik. Aber auch städtische Betriebe spielen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Maßnahmen zu Klimaschutz. Durch die Beteiligung oder die Zugehörigkeit zur Stadt besteht die Möglichkeit, auf diese Betriebe von Seiten der Verwaltung Einfluss zu nehmen. Außerdem betreuen sie Bereiche, die wichtig für die Zielerreichung der Klimaneutralität sind. Zudem sind wirtschaftliche Unternehmen wichtig Akteur der lokalen Stadtgesellschaft beim Thema Klimaschutz – sei es als große Produzenten von CO<sub>2</sub> oder auch als Partner, deren Technologie und Fachexpertise für Vorhaben der Energiewende benötigt wird. Die zunehmend entstehenden lokalen Allianzen und Bündnisse einen die Zielsetzung der lokalen Stadtgesellschaft, indem sich Fachkompetenzen bündeln, den öffentlichen Druck erhöhen, eine Stimme generieren und die Möglichkeit eröffnen größere Aktionen zu starten. Aushandlungen über und Kooperation bei Maßnahmen des Klimaschutzes der vielfältig lokalen Akteure und der breiten Stadtgesellschaft finden in unterschiedlichen Interaktionssettings statt. Vier dominante Settings lassen sich dabei hervorheben. (1) Öffentlichkeitsbeteiligung als Bürger\*innenbeteiligung reicht von meinungsbildenden Veranstaltungen wie Bürger\*innenversammlungen über konsultative Formate wie beispielsweise die Bürger\*innenräte bis hin zu initiativer Beteiligung wie etwa durch Bürger\*innenbegehren. Ziel ist es damit die breite Bürgerschaft anzusprechen. Hier werden die Ansprechpartner\*innen nicht in erster Linie allein in ihrer Rolle als betroffene Privatpersonen, Konsument\*innen oder Investor\*innen angespro-

chen, sondern es geht um die Vielfalt ihrer Anliegen, Vorstellungen und Wünsche als Bürger\*innen. (2) Bei der Einbeziehung von Stakeholdern, wird nicht die breite Bevölkerung adressiert, sondern es werden bewusst bestimmte Akteure ausgewählt, um mit ihnen an bestimmten Problemen zu arbeiten, wie beispielsweise der Reduktion von CO<sub>2</sub> im Bereich Transport. Oft geht es dabei vor allem um die praktische Umsetzung von Maßnahmen. Formalisierte Austauschformate gibt es dazu selten und der Grad der Organisiertheit schwankt stark, von der täglichen Zusammenarbeit an einzelnen Projekten bis hin zu losen Willensbekundung. (3) Durch Formen der Einflussnahme auf öffentliche Meinungen soll die lokale Bevölkerung und diejenigen, die sich gerade nicht in diesem Bereich engagieren oder informieren, aufgeklärt und sensibilisiert werden. Zugleich ist die Öffentlichkeitsarbeit auch ein wichtiges Instrument der Zivilgesellschaft. Sie kann darüber Druck aufbauen, der schließlich auch bei den politischen Parteien und an den Wahlurnen zählt. (4) Die Koproduktion für die Umsetzung von Maßnahmen meint eine Mitträgerschaft von Maßnahmen und Projekten – durch ein entsprechendes Konsumverhalten oder eigene Ko-investitionen. Die Initiative kann von Bürger\*innen oder auch von Seiten der Politik und Verwaltung ausgehen und wird meist durch Formen der Beratung und Bereitstellung von Anreizen gefördert.

### Fazit

Die vier genannten Interaktionssettings greifen in der lokalen Praxis oft ineinander und mitunter sind - wie bei Stakeholderbeteiligung und Koproduktion - die Übergänge fließend. Insgesamt ergibt sich ein weites Spektrum von Beziehungen, Dialog- und Kooperationsformen, sowohl in den einzelnen Bereichen (institutionalisierter Politik und Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft) aber auch intersektoral. Manche dienen dem Austausch oder der Information, um eine gemeinsame Basis für eine mögliche Zusammenarbeit zu schaffen, andere wiederum zielen auf bis ins Detail gehende Absprachen. Zusammen können sie eine Basis dafür schaffen, dass Mehrheitsbeschaffung und wirksame Zusammenarbeit nicht nur eine Frage von Parlamentsentscheidungen, Zusammenarbeit politischer Parteien und ei-

ner Kooperation von Verwaltungseinheiten quer durch Abteilungen und Dezernate ist.

Auch wenn es sich bei lokaler Klimapolitik um „nur“ einen Aspekt von Nachhaltigkeit handelt, so sind die Erkenntnisse über eine Klimagovernance dennoch für das weitere Feld der Nachhaltigkeit relevant. In beiden Bereichen ist es notwendig die lokale Stadtgesellschaft mitzunehmen, Ressourcen zu bündeln und in Koproduktion Maßnahmen umzusetzen. Es wird keinem Sektor oder keine Gruppe möglich sein, alleine Nachhaltigkeit und Klimaschutz übergreifend zu verankern.

### Quellen

Ansell, C./ Gash, A. (2007). Collaborative Governance in Theory and Practice, *Journal of Public Administration Research and Theory*, 18 (4), 543-570.

Branden, T./ Steen, T./ Verschure, B. (eds.) (2018). *Co-Production and Co-Creation. Engaging Citizens in Public Services*, New York and London, Routledge.

Evers, A./ Ewert, B. (2021). Understanding co-production as a social innovation, in: Loeffler, E./ Bovaird, T. (eds.): *The Palgrave Handbook of Co-Production of Public Services and Outcomes*, London: Palgrave Mc Millan, 133-153.

Mayntz, R. (2010). Governance im modernen Staat, in Benz, A. / Dose, N. H.: *Governance – Regieren in komplexen Regelsystemen*. Wiesbaden: Springer, 37-48

Torfing, J./ Peters, G. G./ Pierre, J./ Soerensen, E. 2019: *Interactive governance: Advancing the paradigm*. Oxford University Press (2. Auflage paperback; ersch. 2012)

## Vorhersage von Energie-optimalen Powerlimits durch künstliche Intelligenz basierend auf dynamischer Prozessoranalyse

Tobias Schiffmann, Jan Mäder, Marcel Marquardt, Christian Simmendinger (Hewlett Packard Enterprise)

### Ausgangssituation

Nachhaltigkeit ist für Supercomputerzentren ein jahrealtes und dennoch sehr aktuelles Thema. Ein Beispiel dafür ist die Green500 Liste, auf der halbjährlich die energieeffizientesten Supercomputer gelistet sind.

Die Zentren besitzen zudem auch ein wirtschaftliches Interesse daran, ihre Stromkosten zu reduzieren. Systeme dieser Größe, wie der Hawk Supercomputer am Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS), verbrauchen ungefähr 34 GWh im Jahr. Diese Zahl entspricht dem Verbrauch von zehntausend Haushalten in Deutschland im Jahre 2018. Einsparungen des Stroms haben somit einen signifikanten Einfluss auf die laufenden Kosten des Zentrums, auch wenn sie Einsparungen nur im einstelligen Prozentbereich liegen.

Zum Zeitpunkt dieser Arbeit ist die Forschung an Energieoptimierungsverfahren in vollem Gange und es gibt vielversprechende Ansätze. Viele von ihnen benutzen dynamische Frequenz- und Spannungsanpassung (DVFS). Dabei wird die Frequenz des Prozessors während der Ausführung von Applikationen angepasst. In Phasen dieser Applikation, die sehr rechenintensiv sind, wird die Laufzeit durch die Leistung des Prozessors begrenzt. In diesen Phasen wird eine hohe Prozessorfrequenz benötigt. In anderen Phasen kann die Laufzeit durch andere Komponenten begrenzt werden, wie zum Beispiel dem Hauptspeicher. In diesen Phasen führt eine höhere Prozessorfrequenz nicht

zu einer schnelleren Ausführung der Applikation. Die Frequenz des Prozessors kann in vielen Fällen sogar reduziert werden, ohne die Laufzeit der Applikation zu verlängern.

In der Forschung werden schon künstliche Intelligenzen eingesetzt, um diese Phasen zu differenzieren. Allerdings muss ein Systemadministrator vorher wissen, welche Frequenz für beide Fälle die optimale ist und es wird nur zwischen diesen beiden Fällen unterschieden. Aus diesem Grund beschäftigt sich diese Arbeit damit regressionsbasierte Modelle zu erstellen.

### Projektdurchführung

Um Modelle der künstlichen Intelligenz trainieren zu können, wird ein Datensatz als Grundlage benötigt. Dieser besteht aus Events, die über die Performancecounter des Prozessors gezählt werden. Beispiele dafür sind die ausgeführten Instruktionen eines Prozessors, seine Cachezugriffe, Vektoroperationen und Hauptspeicherzugriffe. Basierend auf diesen Daten gemessen für ein Zeitintervall  $t_1$  soll das Modell das optimale Leistungslimit für das darauffolgende Zeitintervall  $t_2$  vorhersagen. Das Konzept dazu ist in Abbildung 1 zu sehen. Die Leistungslimits oder auch Powerlimits werden über ein Tool des Prozessorherstellers gesetzt und sind Werte in Watt, die der Prozessor nicht mehr übersteigen kann. Der Vorteil dieser Limits ist, dass der Prozessor auf keinem festen Leistungswert arbeiten muss und noch in den Leerlaufmodus wechseln kann, falls er nicht verwendet wird.

Die Applikationen, die für dieses Projekt verwendet werden, bestehen aus den NAS Parallel Benchmarks, ECP Proxy Applikationen und Applikationen, die vom HLRS zur Verfügung gestellt wurden. Dabei handelt es sich um Strömungssimulationen und Molekularsimulationen.

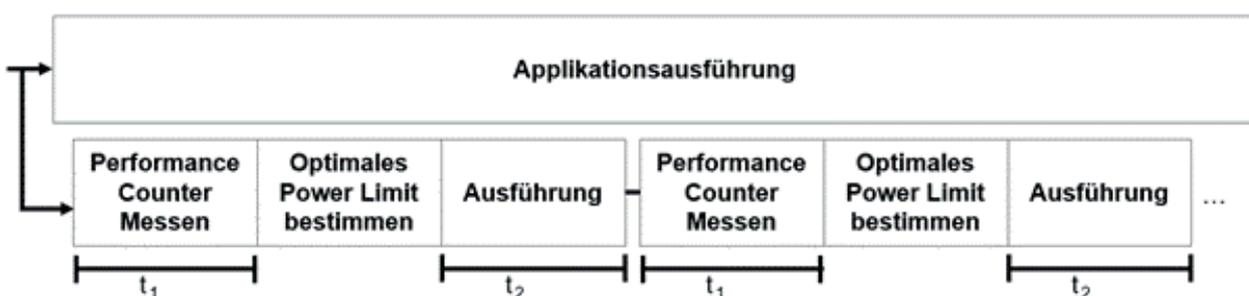


Abb. 1: Dynamische Anpassung des Prozessorleistungslimits

Um die Leistungslimits der Prozessoren während deren Ausführung zu bestimmen, werden zwei verschiedene Regressionsmodelle erstellt, trainiert und optimiert. Dabei handelt es sich um Random Forest Regression (RF) und ein Neuronales Netz (NN).

### Ergebnisse

In einem Experiment werden die Modelle gegeneinander, aber auch mit einem festen Leistungslimit von 160 Watt und Applikationsausführungen ohne Leistungslimit verglichen.

Die Tabellen 1 und 2 zeigen die durchschnittlichen Werte des Energieverbrauchs und der Laufzeit von 50 Ausführungen einer Applikation mit dem entsprechenden Limit.

In Tabelle 1 sind die Werte einer rechenintensiven Applikation zu sehen. Dabei handelt es sich um eine Fourier Transformation. Hier ist zu erkennen, dass Limits der Leistung sich direkt in einer entsprechenden Verlängerung der Laufzeit widerspiegeln.

	Energieverbrauch in Wattsekunde	Ausführungszeit in Sekunden
Ohne Limit	115.265 Ws	288,19 s
	0,0%	0,0%
160W Limit	101.870 Ws	322,86 s
	- 11,62 %	+ 11,68%
RF Limit	106.201 Ws	303,55 s
	- 7.86 %	+ 4,98%
NN Limit	114.200 Ws	287,43 s
	- 0,92 %	- 0,26 %

Tabelle 1: Energieverbrauch und Laufzeit rechenintensiver Applikation

Andererseits sind in Tabelle 2 diese Werte für eine Applikation zu sehen, deren Laufzeit hauptsächlich durch andere Faktoren bestimmt wird. Diese Applikation ist der Ember halo3d Benchmark aus den ECP Proxy Applikationen. In dessen Ausführung wird häufig über mehrere Rechenknoten kommuniziert. Die Ergebnisse dieses Benchmarks sind ein Beispiel dafür, dass es möglich ist Energie einzusparen, ohne Performanz zu verlieren.

	Energieverbrauch in Wattsekunde	Ausführungszeit in Sekunden
Ohne Limit	503.416 Ws	1258,56 s
	0,0%	0,0%
160W Limit	403.663 Ws	1261,44 s
	- 19,82 %	+ 0,23%
RF Limit	488.178 Ws	1261,56 s
	- 3.03 %	+ 0,24%
NN Limit	488.193 Ws	1262,22 s
	- 3,02 %	+ 0,29 %

Tabelle 2: Energieverbrauch und Laufzeit Applikation mit anderem limitierendem Faktor

Die Modelle, die in dieser Arbeit verwendet werden, sind noch nicht ausgereift genug, um die verschiedenen Phasen einer Applikation zu erkennen. Allerdings zeigt das Experiment sehr gut, dass hier ein Potenzial besteht. Limits können dazu beitragen, den Energieverbrauch für bestimmte Applikationen zu reduzieren, ohne die Laufzeit zu verlängern. Dynamische Limits bieten sich vor allem dort an, wo verschiedene Applikationen auf einem System laufen.

Diese Arbeit wird zur Zeit noch weiter verfolgt und vorangetrieben.

### Quellen

W.-c. Feng, K. Cameron. "The green500 list: Encouraging sustainable supercomputing". In: Computer 40.12 (2007), pp. 50–55

Statistisches Bundesamt. Energy Consumption. 2020. url: [www.destatis.de/EN/Themes/Society-Environment/Environment/Material-Energy-Flows/Tables/electricityconsumption-households.html](http://www.destatis.de/EN/Themes/Society-Environment/Environment/Material-Energy-Flows/Tables/electricityconsumption-households.html) [Zugriff am 22 April 2023]

NASA Advanced Supercomputing (NAS) Division, „NAS Parallel Benchmarks,“ url: [www.nas.nasa.gov/software/npb.html](http://www.nas.nasa.gov/software/npb.html) [Zugriff am 22 April 2023]

Exascale Computing Project, „Exascale Proxy Applications,“ url: [proxyapps.exascaleproject.org](http://proxyapps.exascaleproject.org) [Zugriff am 22 April 2023]

# Design und prototypische Implementierung einer cloudbasierten Plattform zur Sammlung und Analyse von Umweltkennzahlen eines Unternehmens

Meryem Aydin, Martin Rittmann (Capgemini)

## Ausgangssituation

Der Klimawandel ist eines der größten Probleme, mit denen die Welt derzeit zu kämpfen hat. Umweltkatastrophen, sich verändernde Wettermuster und steigende Temperaturen sind die Folgen, die uns mit der Klimakrise erwarten (US EPA). Es ist von grundlegender Bedeutung, die Emissionen zu reduzieren, um gegen den Klimawandel und damit gegen diese Folgen vorzugehen. Im Jahr 2007 stellte das Intergovernmental Panel on Climate Change fest, dass die globalen atmosphärischen Konzentrationen von Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid infolge menschlicher Aktivitäten deutlich gestiegen sind (Solomon, S.). Dieses Zitat zeigt, dass jeder von uns dafür verantwortlich ist, seinen Klima-Fußabdruck zu verringern. Um das ursprüngliche Ziel des Pariser Abkommen zu erreichen, müssten Einzelpersonen, insbesondere Länder und Unternehmen, „ihre Emissionen bis 2050 jedes Jahrzehnt um die Hälfte reduzieren“ (Goering, L.). Es führt kein Weg daran vorbei, wenn wir unsere Heimat, unseren Planeten, retten wollen. Unternehmen müssen ihre Emissionen reduzieren. Um die Nachhaltigkeit im Unternehmen effizient managen zu können, müssen Umweltkennzahlen gesammelt, visualisiert und analysiert werden, um daraus Aktionen für eine nachhaltige Entwicklung abzuleiten. Capgemini hat das Ziel, ihre Kunden auf dem Weg in eine nachhaltige Zukunft zu unterstützen.

## Projekt

Im Rahmen eines Projektes von vier Studierenden bei Capgemini wird sich auf den Bereich des Wasserverbrauches fokussiert. In einer Erweiterung des Microsoft Sustainability Managers werden Wasserdaten eingepflegt und mit einer automatisierten Datenvalidierung im Vergleich mit den vorhergehenden Einträgen auf Konsistenz geprüft. Im Falle potenziell fehlerhafter Einträge

erhält die zuvor für dieses Werk eingetragene Person eine Benachrichtigung, um die Werte anschließen berichtigen bzw. manuell validieren zu können. So können fehlerhafte Wasseruhren schnell ausfindig gemacht und getauscht werden und kein Wasserleck bleibt unentdeckt. Final werden die Werte in einem intuitiven Dashboard dargestellt, wie man es in Abb. 1 sieht (Achtung: Beispielhafte Werte aus den Umweltberichten eines großen Automobilherstellers, die anschließend an unseren Showcase angepasst wurden). Aus einer unübersichtlichen Excel-Liste mit Wasserverbrauchsdaten eines Produktionswerks kann man nun direkte Schlussfolgerungen über den Wasserverbrauch ziehen, Inkonsistenzen erkennen und Entscheidungen für die Zukunft treffen. Die Erweiterung kann in Zukunft individuell an die Kunden angepasst werden und dient vorerst als Proof of Concept.

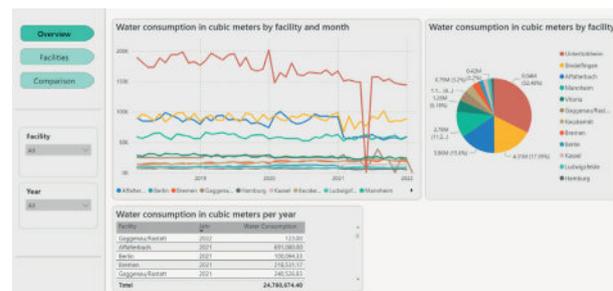


Abb. 1: Dashboard des Studierendenprojekts

Eine darauf aufbauende Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung klarer, informativer und leicht verständlicher Visualisierungen von Szenarien für Treibhausgasemissions-Reduzierung. In Form eines prototypischen Dashboards bieten die Visualisierungen einen umfassenden und zugänglichen Überblick über die aktuellen und prognostizierten Emissionen eines Unternehmens (hier: eines Kunden von Capgemini).

Das Dashboard ist interaktiv, sodass Nutzer Werte für ihre Szenarien abändern können. Die visualisierten Daten und Prognosen ändern sich somit und der Nutzer kann austesten, welche Szenarien am effektivsten sind für die Emissionsreduzierung.

Dieses Dashboard dient Unternehmen zur Unterstützung von Klimamaßnahmen und zur Ent-



Abb. 2: Erstes Design des Dashboards (unfertig)

scheidungsfindung. Die Visualisierungen werden benutzerfreundlich gestaltet und auf ihre Effektivität bei der Vermittlung komplexer Informationen an ein breites Publikum geprüft.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde als erstes mit ausschlaggebender Literatur gearbeitet. Mit User Interviews wurde dieses weiter optimiert.

## Quellen

Goering, L. (11/14/2022): Explainer: How close are we to passing 1.5 degrees Celsius of global warming? In: Reuters Media vom 14.11.2022, URL: <https://www.reuters.com/business/cop/how-close-are-we-passing-15-degrees-celsius-global-warming-2022-11-14/> (Stand: 30.03.2023).

Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M.; Miller, H.L.: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

US EPA (2016): Climate Change Indicators: Weather and Climate | US EPA, URL: <https://www.epa.gov/climate-indicators/weather-climate> (Stand: 14.04.2023).

## Prototypische Konzeption eines übertragbaren Green IT Frameworks

Ann-Kathrin Munz (DHBW CAS), Thomas Kessel (DHBW Stuttgart und CAS)

### Ausgangssituation

Nachhaltigkeit und Digitalisierung sollen Unternehmen nicht nur zukunftsfähiger machen (nachhaltig.digital, 2020, S. 29), sondern gelten auch als sog. Innovationstreiber (N! Strategie, 29/11/2022). Diese sollen neben finanziellen Vorteilen v.a. dauerhaft positive Effekte auf Gesellschaft und Umwelt bewirken (Accenture, 07/10/2022). Mit zunehmender Bedeutung der Nachhaltigkeit für die unternehmerische Praxis liegt der Gedanke nahe, diese im Bereich der Information Technology (IT) ebenfalls zu implementieren.

Die sog. Green IT will die negativen Auswirkungen auf die Umwelt minimieren (Murugesan, S., 2008). Dieses Ziel der Nachhaltigkeit erscheint insofern realistisch, solange es nicht zu Lasten der Wirtschaftlichkeit erreicht werden muss. Eine treffend gewählte Strategie soll es ermöglichen, beide Ziele miteinander zu vereinbaren (Bosch, 2023).

Die Vorstellung, dass einzelne, kurzfristig umsetzbare Maßnahmen zu einer nachhaltigen IT führen, erscheint wenig aussichtsreich. Die Herausforderung in der praktischen Umsetzung besteht vielmehr darin, dass Green IT im Rahmen von Kompensationszahlungen nicht käuflich erworben werden kann. Notwendig erscheint ein hohes Maß an Veränderungswille, Ausdauer und Konsequenz. Um Green IT erfolgreich in die Unternehmenskultur zu integrieren, bedarf es einer systematischen Vorgehensweise, z.B. in Form eines Frameworks.

### Zielsetzung

Die Masterarbeit thematisiert eine prototypische Konzeption eines holistischen, übertragbaren Green IT Frameworks für die unternehmerische Praxis. Sie kombiniert dabei eine Systematic Literature Review mit einer quantitativen und qualitativen Befragung. Für die prototypische Konzeption wird die Methode des Design Thinking eingesetzt. Das Framework soll dabei helfen kurz-, mittel- und langfristige Ziele sowie Maßnahmen modell-

haft darzustellen. Gezielte Auditierungsfragen sollen eine Entscheidungshilfe liefern, ein Green IT Index soll zudem die Basis für eine Priorisierung der Maßnahmen bilden. Die Masterarbeit zielt auf drei Themenfelder: (1) die Art und Dauer der Datenspeicherung, (2) den Bezug bzw. die Produktion von Energie sowie (3) die Beschaffung, Nutzung und Entsorgung von Hardware. Dabei steht die Forschungsfrage, wie ein holistisches übertragbares Green IT Framework konzipiert werden könnte, im Vordergrund.

### Ergebnisse

Die Art und Dauer der Datenspeicherung haben unmittelbaren Einfluss auf den Energiebedarf der IT. Es wird vermutet, dass rund 85 Prozent der gespeicherten Daten als sog. ROT (redundant, obsolete, trivial) bzw. Dark Data einzuordnen sind (vgl. Eisberg-Modell) (Taepke, K., 2022). Mittelfristig gilt es deshalb die ROT Data vollständig zu entfernen und damit den Speicherbedarf entsprechend zu reduzieren. Der Anteil der Dark Data lässt sich vermutlich nur langfristig mit Hilfe entsprechender Tools und Technologien minimieren, aber nicht vollständig eliminieren.

Um die Energiebeschaffung nachhaltiger zu machen, sollte der Strommix primär erneuerbare Energien enthalten. Um beispielsweise ein Ziel von 25 g CO<sub>2</sub> / kWh zu erreichen, bedarf es z.B. einen Strommix aus Photovoltaik und Windenergie. Der aktuelle Strommix in Deutschland (o.V., 2022) verursacht mit c.a. 420 g CO<sub>2</sub> / kWh deutlich höhere CO<sub>2</sub> Emissionen.

Berechnungen zeigen, dass die standardmäßig genutzte Hardware deutliches Potenzial für die Vermeidung von CO<sub>2</sub> bietet. Bei 200 Mitarbeitern errechnet sich durch eine von drei auf fünf Jahren verlängerte Nutzungsdauer und dem damit verbundenen Wegfall zweier Austauschzyklen über einen Zeitraum von 15 Jahren eine Ersparnis von 902 Tonnen CO<sub>2</sub>. Diese beispielhafte Berechnung soll zeigen, welche Bedeutung Green IT nicht nur für die Nachhaltigkeit, sondern auch, angesichts steigender Strompreise, für die Wirtschaftlichkeit zukommt.

Diese drei Themenfelder stellen im hier konzipierten Green IT Framework die sog. unverborgene Ebene dar. Um dem Anspruch eines holistischen Frameworks gerecht zu werden, sollten die ver-

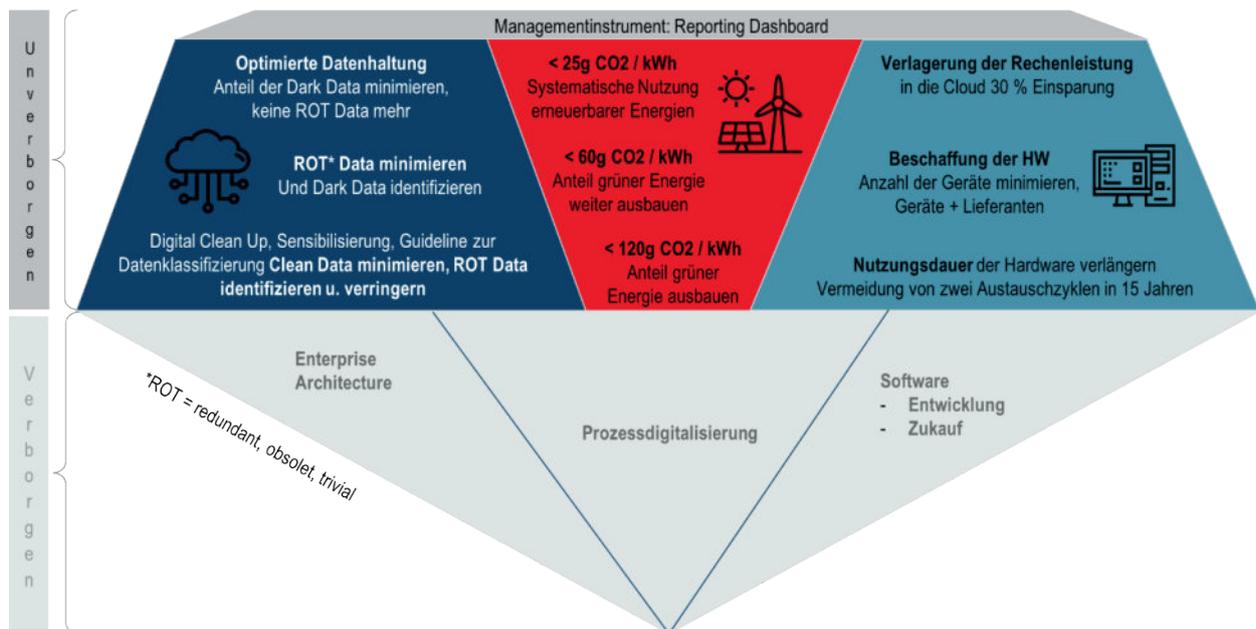


Abb. 1: Konzipiertes Green IT Framework

borgenen Themenfelder wie u.a. die IT-Architektur, die Software sowie die Digitalisierung von Prozessen ebenfalls betrachtet werden. Um beide Ebenen in einem Modell darstellen zu können, erscheinen sowohl die Form des Trapezes als auch die der Pyramide geeignet. Das Zusammenfügen der unverborgenen und verborgenen Themenfelder lässt sich anschaulich in der Form eines Diamanten darstellen.

Diamanten müssen systematisch in Facetten geschliffen werden, damit sie mit ihrem Farbenspiel brillieren können. Ähnlich verhält es sich beim Green IT Framework, in welchem einzelne Themenfelder nicht isoliert betrachtet werden sollten, da sie sich gegenseitig beeinflussen und gleichzeitig den Veränderungsprozess im gesamten Unternehmen darstellen.

Um einen Edelstein zur Geltung zu bringen, bedarf es einer Fassung. Um die Ziele des Green IT Frameworks zu erreichen, bedarf es der Integration in die IT- und in die Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens. Nur so erscheint es aussichtsreich, sowohl nachhaltige als auch wirtschaftliche Ziele zu erreichen.

## Literatur

- Accenture (07/10/2022): Unternehmen nachhaltig gestalten, URL: <https://www.accenture.com/de-de/insights/sustainability/> (Stand: 15.04.2023).
- Bosch (2023): Nachhaltigkeit, URL: <https://www.bosch.com/de/nachhaltigkeit/#nachhaltigkeitsaktivitaeten> (Stand: 15.04.2023).
- Murugesan, S. (2008): Harnessing Green IT: Principles and Practices. In: IT Professional, 10. Jg. (2008), Heft 1, S. 24-33.
- NI! Strategie (29/11/2022): Green Event BW, URL: <https://www.nachhaltigkeitsstrategie.de/greeneventbw> (Stand: 15.04.2023).
- nachhaltig.digital (2020): Monitor 2020. Status-quo zu Nachhaltigkeit und Digitalisierung im Mittelstand (Stand: 15.04.2023).
- o.V. (2022): Ökostrom CO<sub>2</sub> Ausstoß & Emissionen, GoClimate, URL: <https://www.goclimat.de/glossar/oekostrom/co2-emissionen/> (Stand: 15.04.2023).

## Konzeption & Entwicklung eines autonomen Datenloggers für Klimadaten

MVP für Datenerhebung im Alpenraum

Benjamin Bhatti, Holger Szüsz, Dirk Reichardt (DHBW Stuttgart)

### Ausgangssituation

Die klimatischen Veränderungen unseres Planeten sind aus dem Alltag kaum mehr weg zu denken. Dabei wird das Verständnis um die Zukunft des globalen Klimas durch immer detailliertere Klimamodelle geschärft. Diese setzen sich meist aus einzelnen Volumen zusammen, welche mehrere Kilometer groß sind und neben- und übereinander liegen. Je kleiner das Raster, desto besser lassen sich die klimatischen Bedingungen physikalisch berechnen. Doch mit jeder Verkleinerung des Rasters steigt die Rechenleistung enorm an [1]. Innerhalb von Europa lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels mit am besten in den Alpen erleben. Verminderter Schneefall, sinkende Gletschermasse und weniger Permafrost innerhalb des Gesteins sind nur einige der Auswirkungen. [2].

Um die Folgen des Klimawandels in den Alpen besser abschätzen zu können, werden Klimamodelle generiert. Klimamodelle sind Computerprogramme, die das Klimasystem der Erde über einen bestimmten Zeitabschnitt simulieren. Zur Gewinnung der zugrunde liegenden Messwerte werden unter anderem Wetterstationen herangezogen. Die Entfernung der einzelnen Stationen variiert je nach Standort. Dazu kommen die aus den Bergregionen bekannten Wetterumschwünge, welche nahelegen, dass in Bergregionen ein dichteres Netzwerk an Stationen neue Informationen liefern könnte. [3] [4] [5]

Um die Aufzeichnung von Wetterdaten über einen längeren Zeitraum und engem Raum zu ermöglichen müssen jedoch neue Aufzeichnungsgeräte entwickelt werden, welche klein, selbstversorgend und langlebig sein müssen. Außerdem dürfen sie nicht zu sehr in die bestehende Natur eingreifen, da ein Großteil der Alpen unter Naturschutz steht. Ziel dieses Projektes ist der Entwurf eines ersten

MVP (minimal viable product), um die Machbarkeit und die Kosten eines solchen Geräts zu untersuchen.

### Projekt (Durchführung)

Die grundlegenden Anforderungen an das Projekt wurden wie folgt definiert:

- Untersuchung bestehender Aufzeichnungstechniken
- Untersuchung bestehender Standards für Wetterstationen
- Untersuchung von Naturschutzrichtlinien
- Feststellung möglicher Einschränkungen
- Evaluation unterschiedlicher Hardware (Microcontroller & Sensoren) mit Kostenanalyse
- Entwicklung eines Minimum Viable Product

Erste Erkenntnisse bezüglich bestehender Standards für Wetterstationen haben schon früh zu den ersten Einschränkungen geführt. Beispielsweise müssen Windmessungen laut DWD in ebenem und freiem Gelände 10 m über Grund durchgeführt werden sowie die Lufttemperatur in 2 m Höhe über Grund. [6]

Um das Raster für die Datenerhebung zu verkleinern, müssen daher Einschränkungen bei der Qualität der Daten in Kauf genommen werden. Diese Abweisungen sind für die Betrachtung und Aufzeichnung von klimatischen Entwicklungen über längere Zeiträume zu vernachlässigen.

Im nächsten Schritt wurde nach Evaluation die Hardware des MVP festgelegt. Das Kernstück bildet ein ESP32 aufgrund seiner Deep Sleep Funktion, umfangreicher Dokumentation sowie der Möglichkeit für 3,3V und 5V Ausgabe. An diesen gekoppelt sind ein Wettermessgerät Kit von Sparkfun für Windrichtung, -geschwindigkeit und

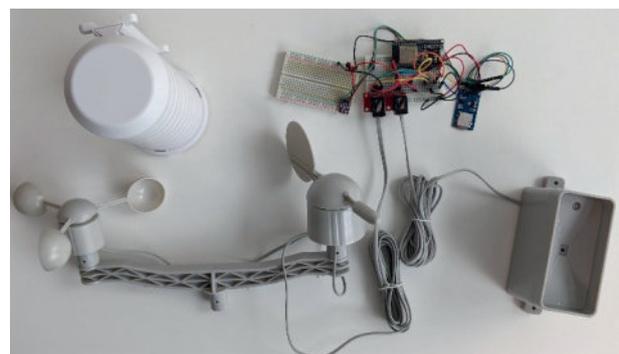


Abb. 1: Prototypische Darstellung des Dataloggers

Niederschlagsmessung, und ein BME280 Sensor für Luftdruck, -feuchtigkeit und Temperatur. Dieser wird in einer Schutzhülle montiert, um den Sensor vor direktem Sonnenlicht zu schützen.

Die Station selbst wird durch Solarpanel gepaart mit Lithium-Ionen Akkus (Typ 18650) betrieben.

Der ESP32 stößt alle 10 Minuten einen 30 Sekunden Messzyklus an, in dem alle Sensoren nacheinander aktiviert, ausgelesen und gespeichert werden.

## Ergebnisse

Die Entwicklung hat gezeigt, dass viele bestehende Standards nicht ohne Weiteres bei der Entwicklung eines Aufzeichnungsgerätes dieser Größe berücksichtigt werden können. Der DWD schreibt beispielsweise eine Mindesthöhe für Windmessungen und Lufttemperatur vor, welche bei diesem Projekt bislang nicht berücksichtigt werden konnten. Auch die Anforderungen an das Messfeld, dass mit ca. 10 m<sup>2</sup> angegeben wird, konnte für das MVP nicht in Betracht gezogen werden, da es im Konflikt mit der Zielsetzung steht.

Ähnliche Einschränkungen zeigten sich bei den restlichen Sensoren. Da das Ziel jedoch nicht eine Wetterstation war, sondern ein kleines und kostengünstiges Aufzeichnungsgerät für Klimadaten, muss ein erster praktischer Test zeigen, wie zuverlässig die aufgezeichneten Daten sein werden.

Im nächsten Schritt wird der MVP über einen Zeitraum mehrerer Wochen im Freien platziert und die aufgezeichneten Daten regelmäßig mit Daten lokaler Wetterstationen abgeglichen, um die Zuverlässigkeit des Geräts zu testen.

Des Weiteren muss das Design weiter verfeinert werden, um die Integration in die Natur unauffälliger zu gestalten. Auch die Energieversorgung bedarf weiterer Ausarbeitung, um u.a. Aspekte wie Brandsicherheit detaillierter zu berücksichtigen.

Als weiteren Ausblick kann der Datenlogger noch kostengünstiger entwickelt werden. Bauteile, wie das Gehäuse oder das Schutzgehäuse vom BME280, können mit relativ wenig Aufwand durch 3D gedruckte Teile ersetzt werden. Durch die einfache Funktionsweise der Sensoren Windrichtung, Niederschlagsmenge und Windgeschwindigkeit können ebenfalls eigene 3D-gedruckte Sensoren mittels Reverse Engineering hergestellt werden. Das ermöglicht die Materialien für die Sensoren selbst zu bestimmen und bei Bedarf entsprechende Verbesserungen vorzunehmen.

## Quellen

[1] I. Armin und J. Stephan, „Wie ein Klimamodell entsteht,“ 5 2021. [Online]. Available: <https://www.spektrum.de/news/simulationen-wie-ein-klimamodell-entsteht/1781331>.

[2] A. Orlik, K. Sedlmeier und E. Zubler, „DWD Sommerbulletin,“ 2022. [Online]. Available: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/alpenklima/archiv/alpenklima\\_sommerbulletin\\_2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.dwd.de/DE/leistungen/alpenklima/archiv/alpenklima_sommerbulletin_2022.pdf?__blob=publicationFile&v=5).

[3] B. Guy, J. Daniela und S.-Z. Susanne, Klimawandel in Deutschland, Springer Spektrum, 2017.

[4] T. Slawig, Klimamodelle und Klimasimulationen, Springer Spektrum.

[5] „zamg,“ 26 04 2023. [Online]. Available: <https://www.zamg.ac.at/histalpl/>.

[6] „DWD,“ 9 2020. [Online]. Available: [https://www.dwd.de/DE/derdwd/beobachter/richtlinie\\_auto\\_na\\_wetterstationen.pdf;jsessionid=36B64A4B330ADE1DD5D661FA1C8ACF65.live11052?\\_\\_blob=publicationFile&v=11](https://www.dwd.de/DE/derdwd/beobachter/richtlinie_auto_na_wetterstationen.pdf;jsessionid=36B64A4B330ADE1DD5D661FA1C8ACF65.live11052?__blob=publicationFile&v=11).

# Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie: Eine Roadmap

Gregor Valentin Sturm (SV Informatik GmbH)

## Ausgangssituation

Klimawandel, Ressourcenknappheit und der Verlust an Biodiversität gehören zu den drängendsten Herausforderungen unserer Zeit. Je früher sich Länder, Städte und auch Unternehmen auf die vorhersehbare Zukunft vorbereiten, desto besser werden sie und damit wir alle für kommende Entwicklungen gewappnet sein. Insbesondere Unternehmen kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Durch ihre Geschäftstätigkeit tragen sie signifikant zur Erderwärmung bei. Einen hohen Anteil machen dabei die Treibhausgasemissionen im IT-Unternehmensbereich aus (Baltruschat 2022, S. 2). Deshalb treten verschiedenste Stakeholder wie Investor:innen, Geschäftspartner:innen, Kund:innen und die Zivilgesellschaft an Unternehmen heran und fordern von ihnen Verantwortung für ihr Handeln zu übernehmen (Öko-Institut 2022). Dies sind, neben bereits bestehenden gesetzlichen Regularien, die Treiber:innen einer nachhaltigen Unternehmensführung auf den drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales.

Dabei stellt sich die Frage, welche Maßnahmen Unternehmen, speziell IT-Unternehmen, ergreifen können, um dieser dramatischen Entwicklung entgegenzuwirken. Die SV Informatik GmbH hat sich entschieden, eine Nachhaltigkeitsstrategie zu entwickeln, um ihren Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung zu leisten.

## Projektdurchführung

Durch Literaturrecherche wurden die theoretischen Grundlagen für die Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie geschaffen und für die IT-Branche relevante Nachhaltigkeitsthemen erarbeitet. Mit Bezug auf die Zielsetzung (Titel) war es zunächst wichtig, den Ist-Zustand der aktuellen Nachhaltigkeitsaktivitäten zu erfassen. Ein zentraler Bezugspunkt für den Strategieinhalt ist das Konzept der nachhaltigen Entwicklung. Im Rahmen von Workshops wurde zunächst ein Grundverständnis von nachhaltiger Entwicklung hergestellt. Darauf folgend wurden die in der Literatur und Rahmenwerken beschriebenen Methoden für die Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie in Workshops angewendet. Dabei ergab sich folgende Reihenfolge:

- Workshop 1: Was bedeutet Nachhaltigkeit für uns?
- Workshop 2: Doppelte Wesentlichkeitsanalyse
- Workshop 3: Analyse von Anspruchsgruppe

Die Ergebnisse aus dem dritten Workshop bildeten die Grundlage, um im nächsten Schritt gezielt auf die einzelnen Anspruchsgruppen zuzugehen. Dazu erfolgte eine Erhebung durch einen Fragebogen. Dieser wurde in fünf Handlungsfelder (verantwortungsvolle Unternehmensführung, Produkte & Leistungen, Mitarbeitende, Umwelt und gesellschaftliches Engagement) gegliedert. Basierend auf der Bewertung der Doppelten Wesentlichkeitsanalyse (Innenansicht) und der Beurteilung durch die wichtigsten Stakeholder (Außensicht), im Rahmen der Stakeholder Befragung, entstand unter Berücksichtigung beider Beurteilungen eine Wesentlichkeitsmatrix.

Nr.	Thema	zugehöriges Handlungsfeld
1	Optimierung des Ressourceneinsatzes / Nachhaltige Produktion	Umwelt
2	Klimaschutz	Umwelt
3	Nachhaltige Mobilität	Umwelt
4	Aus- und Weiterbildung / Arbeitgeberattraktivität	Mitarbeitende
5	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, Gesundheitsförderung	Mitarbeitende
6	Vereinbarkeit von Beruf und Familie	Mitarbeitende
7	Sensibilisierung zu Nachhaltigkeitsthemen	Mitarbeitende
8	Diversität und Chancengleichheit	Mitarbeitende
9	Sicherstellung der Regelkonformität / Compliance	Verantwortungsvolle Unternehmensführung
10	Nachhaltigkeitsziele und Management	Verantwortungsvolle Unternehmensführung
11	Transparenz und Dialog	Verantwortungsvolle Unternehmensführung
12	Nachhaltige Beschaffung / Arbeits- und Sozialstandards in der Lieferkette	Produkte & Leistungen
13	Kreislaufwirtschaft von IT	Produkte & Leistungen
14	Kundenorientierung & Kundenzufriedenheit	Produkte & Leistungen
15	Green Coding - Nachhaltige Softwareprogrammierung	Produkte & Leistungen

Abb. 1: Ergebnis wesentliche Themen der Wesentlichkeitsanalyse (Quelle: eigene Darstellung)

Die als wesentlich identifizierten 15 Aspekte (Abb. 1) bilden die Basis der Nachhaltigkeitsstrategie und für diese wurde ein gemeinsamer Rahmen gefunden, um den Kern der Strategie zu beschreiben.

Dazu wurde den Themen die Sustainable Development Goals (SDGs) zugeordnet und somit miteinander verbunden. Die daraus entstandenen Ziele wurden im nächsten Schritt durch die Geschäftsführung verabschiedet. Das Festlegen einer eigenen Definition von Nachhaltigkeit, die Überarbeitung bzw. Ergänzung der bestehenden Mission, die Ausrichtung der bestehenden Vision an der neuen Mission sowie die Integration derer in das Leitbild waren die vorletzten Schritte zur Fertigstellung der Nachhaltigkeitsstrategie. Abschließend wurden die Ergebnisse nach innen und außen kommuniziert.

### Ergebnisse

Im Ergebnis entstand eine individuelle Nachhaltigkeitsstrategie, die in die geschäftsstrategische Ausrichtung integriert wird und insgesamt sieben Hauptthemen beinhaltet. Die sieben Hauptthemen sind:

- Aus- und Weiterbildung / Arbeitgeberattraktivität
- Vereinbarkeit von Beruf und Familie
- Diversität und Gleichstellung der Geschlechter
- Nachhaltigkeitsziele und Management
- Transparenz und Dialog
- Sensibilisierung zu Nachhaltigkeitsthemen
- Optimierung des Ressourceneinsatzes
- Arbeits- und Sozialstandards in der Lieferkette
- Klimaschutz

Die für die SV Informatik GmbH relevanten sieben SDGs sind in Abbildung 2 dargestellt.



Abb. 2: Relevante SDGs der SV Informatik GmbH (Quelle: Vereinte Nationen)

Die sieben Hauptthemen wurden mit entsprechenden Zielen und insgesamt zwölf Maßnahmen hinterlegt, die in den Jahren 2023 und 2024 umgesetzt werden. Zur Erfolgsmessung werden Kennzahlen festgelegt und ein Nachhaltigkeitscontrolling aufgebaut.

### Quellen

Baltruschat, Florian (2022): „Die Versicherungs-IT: Ein Schlüssel zu mehr Nachhaltigkeit“. In: Fokus I Digitalisierung (09), S. 1–5. Online verfügbar unter <https://www.gdv.de/de>, zuletzt geprüft am 20.04.2023.

Öko-Institut (Hg.) (2022): Nachhaltige Unternehmensführung: Verantwortung für Gesellschaft und Umwelt. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/konsum-und-unternehmen/nachhaltige-unternehmensfuehrung-verantwortung-fuer-gesellschaft-und-umwelt>, zuletzt geprüft am 20.04.2023.

Vereinte Nationen (2016): Ziele für nachhaltige Entwicklung, SDG Grafiken auf Deutsch. Online verfügbar unter 17 Ziele - Vereinte Nationen - Regionales Informationszentrum für Westeuropa ([unric.org](http://unric.org)), zuletzt geprüft am 25.04.2023.

## Programmkomitee

Inna Avrutina  
Prof. Dr. Marc Kuhn  
Prof. Dr.-Ing. Harald Mandel  
Prof. Dr. Stefan Nöst  
Prof. Dr. phil. Annette Plankensteiner  
Prof. Dr. Martin Plümicke  
Prof. Dr. Christian Schaller  
Prof. Dr. Stephan Schulz

## Impressum

Der Tagungsband erscheint anlässlich des Forschungstags „Nachhaltigkeit gestalten: Gesellschaft, Gesundheit, Technologien und Märkte“ am 6. Juli 2023 an der DHBW Stuttgart

### Herausgeber

Prof. Dr. Joachim Weber  
Rektor der DHBW Stuttgart

### Lektorat:

Cansu Atlay (DHBW Stuttgart)  
Alison Ehringer (DHBW Stuttgart)  
Annette Herzog (DHBW Stuttgart)

**Redaktion und Layout:** Kerstin Faißt (DHBW Stuttgart Campus Horb)

**Bilder:** DHBW / Mathis Leicht, DHBW Stuttgart, Marc Gilardone / DHBW Stuttgart, istock.com/pcess609, Pixabay/TheDigitalArtist, Shutterstock/aerogondo, Pixabay/Clker-Free-Vector-Images

Der Inhalt der Publikation wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität des Inhalts übernimmt der Herausgeber keine Gewähr.

© DHBW Stuttgart 2023  
Alle Rechte vorbehalten.



