

SYSTEMWISSEN FÜR DIE VERNETZTE ENERGIE- UND MOBILITÄTSWENDE



INHALT

Vorwort der Senatorin	4
Stand und Erfordernisse der Energie- und Mobilitätswende	
Die Energiewende	
Harald Schwarz	7
Netzintegration der E-Mobilität	
Katharina Boesche	31
Normung und Standardisierung - eine Säule der Elektromobilität	
Corinna Schreiter	52
Elektrochemische Energiespeicher in elektrisch angetriebenen Fahrzeugen	
Julia Kowal, TU	63
Entwicklungen für die Energie- und Mobilitätswende	
Elektromobile Arbeitswelt: Agilität in Methoden und innerer Haltung	
Katharina Daniels	77
Multimodale E-Mobilitätskonzepte zur Mobilitätssicherung	
Simon Mader, Christian Scherf und Udo Wagner	93
„Ich ersetze ein Auto“ - wie Lastenräder Mobilität revolutionieren	
Karen Rike Greiderer	113
Sicher und schnell durch den Straßenverkehr mit intelligenter Berufsbekleidung	
Laura Tihon, Hans-Liudger Dienel und Monika Fuchs	124
Leitplanken digitaler Transformationen	
Der Rohstoffhunger der Energie- und Mobilitätswende	
Michael Reckordt	143
Chancen und Risiken der Digitalisierung für den afrikanischen Kontinent	
Felix Sühlmann-Faul	161
Ressourcensicherung durch Recycling von Sekundärrohstoffen	
Anja Rietig und Jörg Acker	171
Zukunftsdesign	
Autonome E-Mobilität in Stadtquartieren der Zukunft	
Herwig Fischer	185
Entwerfen mit Luft - Dandelion, das aufblasbare Auto	
Jan Vietze und Ullrich Hoppe	204
Straßenleuchten mit integrierter Ladestation für Elektroautos	
Peter Marx	209
Neue Materialien für Leistungselektronik in Fahrzeugen und Infrastrukturen	
Gerhard Bolenz, Volker Dudek, Manfred Bornmann	219
Arbeiten in und Lernen für Systemtransformationen	
Christine Schmidt	226
Autorenverzeichnis	244

VORWORT DER SENATORIN

IM KOMPENDIUM „SYSTEMWISSEN DER ENERGIE- UND MOBILITÄTSWENDE“



Die Arbeits- und Lebensbedingungen sind in Berlin wie in Deutschland insgesamt besser als je zuvor. Unsere Gegenwart ist aber auch geprägt von immer neuen Herausforderungen, denen wir ohne Erfahrungen und Vorbilder gegenüberstehen. Zu diesen Trends gehören unter vielen anderen der Klimawandel, Verkehrskollaps und Urbanisierung. Dazu werden in allen auf allen Ebenen Ziele verabredet und Strategien erarbeitet. Es entsteht neues Wissen, viele Menschen und Organisationen kooperieren miteinander, um diesen aktuellen Herausforderungen zu begegnen.

Berlin will klimaneutral werden und wird die dafür notwendigen Maßnahmen im Energie-, Mobilitäts- und Wärmesektor umsetzen. Dadurch entstehen u. a. Anpassungsbedarfe in Ausbildungsberufen und Weiterbildungsbedarfe für die Beschäftigten. Zusätzlich werden mehr und mehr Wirtschaftsbereiche digitalisiert. Auch Energie, Mobilität und Wärme werden zusammengedacht, geplant und gebaut. Die Energiewende und die Digitalisierung sind Treiber von Veränderungen, die umfangreich auf die Gestaltung von Geschäftsmodellen, Arbeitsprozessen und Arbeitssystemen wirken. Damit einhergehen neue Anforderungen an die Kompetenzentwicklung der Fach- und Führungskräfte bzw. ihre Qualifizierung.

Das Land Berlin hat deshalb mit Mitteln der Senatsverwaltung für Integration, Arbeit und Soziales das Modellprojekt „Digitale Kompetenzen der Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende DigiKomp“ gefördert. Darin wurden

ein Kompetenzmodell zur Erfassung vorhandener Fähigkeiten und Weiterbildungs-Bausteine für und mit Berliner Organisationen entwickelt und erprobt.

Außerdem werden mit dem hier vorliegenden Kompendium aktuelle Beiträge zur derzeitigen Diskussion von Entwicklungen in der Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende sowie damit im Zusammenhang stehenden Digitalisierungsaspekten und -kompetenzen zur Verfügung gestellt. Der Ausbau von Energieübertragungsnetzen und Energiespeichern, autonome Mobilität und Datenintegrität aber auch neue Designansätze und Fragen des Rohstoffeinsatzes sind Themen, die einen umfangreichen Kompetenzaufbau und sektorübergreifende Zusammenarbeit erfordern.

Gleichzeitig fehlen in nahezu allen Organisationen, in Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen Fachkräfte, Nachwuchs und Nachfolgende, die diese Entwicklungen beeinflussen und vorantreiben. Kooperationen, Kollaborationen und Netzwerke sind hier nötig. Die Akteure der beruflichen Bildung stehen vor großen Herausforderungen. Sie integrieren hier in der Hauptstadtregion wie auch in anderen Teilen Deutschlands wichtige neue Themen in ihre Arbeit, erhöhen damit die Attraktivität der Ausbildung und Zukunftsfähigkeit bedarfsgerechter beruflicher Bildung. Die Senatsverwaltung für Integration, Arbeit und Soziales unterstützt diese Anstrengungen. Auch zukünftig können im Rahmen von Modellprojekten unterschiedliche Organisationen Vorschläge entwickeln und erproben, ihre Ergebnisse durch Transfer multiplizieren und so erfolgreich machen.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

Elke Breitenbach

Senatorin für Integration, Arbeit und Soziales

STAND UND ERFORDERNISSE DER ENERGIE- UND MOBILITÄTSWENDE

DIE ENERGIEWENDE

Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik
BTU Cottbus-Senftenberg

Nicht nur der reine Aufbau regenerativer Erzeugungskapazität auch Elektrofahrzeuge können als Teil von SMART Grid Lösungen eine Rolle spielen

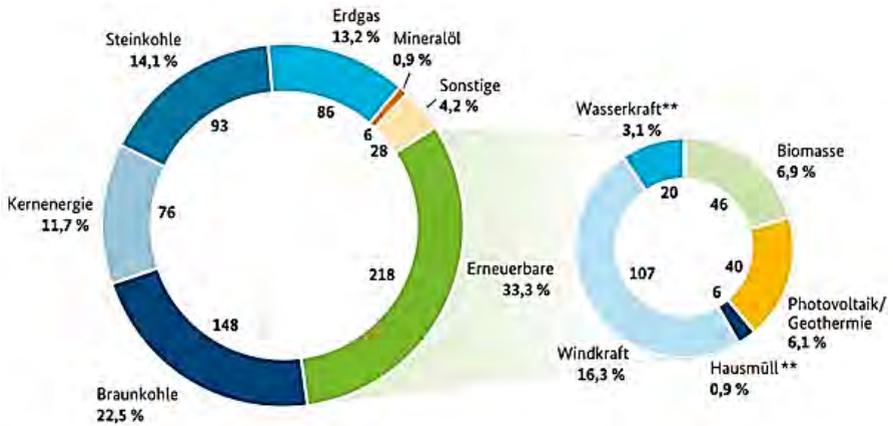
Mit der Verabschiedung des EEG-Erneuerbare Energien Gesetz startete die Energiewende vor ca. 20 Jahren. In die Förderung von Stromerzeugung aus Wind, Photovoltaik und Biomasse flossen bislang etwa 400 Mrd. €, die über die EEG-Umlage von den Haushaltskunden zu tragen sind. Weitere ca. 400 Mrd. € sind über 20 jährige Fördermittelbindung der EE-Bestandsanlagen für die kommenden Jahre bereits festgelegt. Durch diese massive Förderung wurden in den zurückliegenden 2 Jahr-zehnten etwa 112 GW regenerativer Erzeugerleistung aufgebaut, die nun zusammen mit der installierten konventionellen Erzeugung von ca. 93 GW die Stromversorgung in Deutschland sichern, die über das Jahr verteilt zwischen 40 - 80 GW schwankt. Der Anteil von Elektroenergie, der dabei aus regenerativen Quellen stammt, liegt im gesamtdeutschen Jahresdurchschnitt bei 33 %, wobei es sehr starke regionale Unterschiede gibt. Im Nord-Osten Deutschlands beträgt diese EE-Quote in vielen Verteilnetzen bereits heute um oder über 100 %.

Da die gesicherte Leistung aus Photovoltaik 0% ist und die gesicherte Leistung aus Windenergie on-shore bei 1% bzw. off-shore bei 2% liegt, wird es niemals möglich sein, eine regenerative Vollversorgung zu erreichen, wenn man sich ausschließlich auf den Aufbau regenerativer Erzeugungsleistung aus Windenergie und Photovoltaik konzentriert. Auch der in Regierungskreisen gern beschworene europäische Strommarkt wird dies nicht leisten können.

Neben dem Aufbau regenerativer Erzeugung ist aktuell die wesentlichste Schlüsselkom-

ponente für den Erfolg einer CO₂-ärmeren Stromerzeugung der Aufbau von Speicherkapazitäten und der Wandlung von regenerativer Überschussproduktion in andere Energiesektoren, verbunden mit der Möglichkeit der Rückverstromung. Viele dieser Power-to-X Technologien haben inzwischen einen technisch hohen Entwicklungsstand erreicht und könnten eigentlich in der Fläche ausgerollt werden. Problematisch ist dabei aber die Refinanzierung dieser Anlagen. Allein der o.g. Aufbau der bisherigen regenerativen Erzeugerleistung hat den Strompreis für die Haushaltskunden von ca. 14 Cent/kWh vor ca. 20 Jahren auf heute teils über 30 Cent/kWh erhöht und der Aufbau von Speichern und Power-to-X Technologien in der heute bereits erforderlichen Größenordnung würde zu einem weiteren massiven Anstieg führen.

Im nachfolgenden Artikel werden die technischen Möglichkeiten beleuchtet, wie Elektrofahrzeuge einen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten können, entweder durch netzdienliches, gesteuertes Laden oder durch die Nutzung der Fahrzeugbatterie als Speicher im Netz. Erste Versuche dazu wurden an der BTU in Cottbus bereits in den Jahren 2011-2016 durchgeführt, damals noch mit universitären Versuchsmustern bei den Ladesäulen und Umrüsthilfen bei den e-cars. Inzwischen wird diese Technologie der Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen in Japan in den Markt eingeführt. DELTA Electronics als weltweit aktiver, taiwanesischer Elektronikkonzern hat rückspeisefähige Wall-Boxen mit bis zu 22 kW DC-Leistung entwickelt, die japanische Fahrzeuge mit dem CHAdeMO Ladestandard laden und entladen können. Die BTU beginnt nun ebenfalls mit DELTA Electronics ein neues Projekt, in dem diese Technologie auch in Deutschland erprobt werden soll und ein Kommunikations- und Energiemanagementsystem entwickelt wird, um diesen Lade- und Entladevorgang netzdienlich zu gestalten, selbstverständlich unter Wahrung der Prioritäten des Fahrzeugnutzers.



Geothermie aufgrund der geringen Menge in Photovoltaik (PV)
 *vorläufig, **regenerativer Anteil

Bild 1: Anteil Erneuerbarer Energien an der deutschen Stromerzeugung 2017
[https://www.bmwi.de/Redaktion/ DE/Dossier/erneuerbare-energien.html](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html)

AKTUELLE SITUATION DER ENERGIEWENDE

Ziel der Energiewende in Deutschland ist die Senkung der CO₂-Emission. Diese Reduktionen zu erreichen ist grundsätzlich sinnvoll und notwendig. Seit ca. 20 Jahren wird über das EEG hier ein ganz besonderer Fokus auf die Reduktion der CO₂ Emission im Bereich der Stromerzeugung gelegt. Dieser Energieanteil macht allerdings nur ca. 20% des Primärenergieeinsatzes in Deutschland aus. In den letzten Jahren gibt es aber auch vermehrt Anstrengungen, die CO₂ Emissionen anderer Energiesektoren zu reduzieren. Inzwischen konnte der Anteil Erneuerbarer an der Stromerzeugung auf 33% (Bild 1) bzw. 218 TWh (Bild 2) gesteigert werden. Der gesamte Brutto-Stromverbrauch beträgt zwischen 600-650 TWh (Bild 3) und ist seit vielen Jahren defacto konstant. Dabei soll nicht suggeriert werden, dass 1/3 von Deutschland mit erneuerbarem Strom zuverlässig versorgt werden kann. In den Zahlen werden lediglich die über das Jahr verteilt aus Erneuerbaren

erzeugten Kilowattstunden aufsummiert und mit den aufsummierten Kilowattstunden der Stromabnahme im gleichen Jahr verglichen. Die Tatsache, dass die Stromerzeugung minutienscharf dem Strombedarf folgen muß und wir aufgrund fehlender Netzkapazitäten bereits seit einigen Jahren Erneuerbare aufgrund regionaler und zeitlicher Übererzeugung abregeln müssen, bleiben unberücksichtigt. Um diesen EE-Anteil zu erreichen, wurde über EEG massiv gefördert und eine installierte Erzeugungskapazität an Erneuerbaren in Deutschland von 112 GW (Bild 4) aufgebaut. Grundsätzlich war diese anfangs intensive Förderung Erneuerbarer sinnvoll und notwendig, um diese neue Technologie zu etablieren.

Um diese installierte EE-Leistung von 112 GW besser einordnen zu können, ist zu berücksichtigen, dass neben diese EE-Leistung auch konventionelle Kraftwerke mit insgesamt 93 GW (2017) am Netz sind (Braunkohle 21,6 GW; Steinkohle 26,6 GW; Gas 27,2 GW; Öl 3,5 GW;

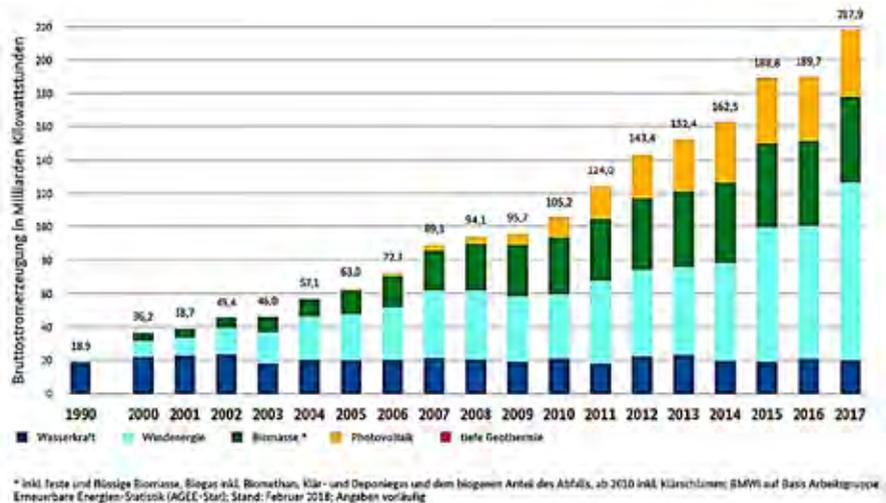


Bild 2: Anstieg der Energie aus Erneuerbaren auf 218 TWh im Jahr 2017
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>

Anteil der erneuerbaren Energieträger am Bruttostromverbrauch in TWh

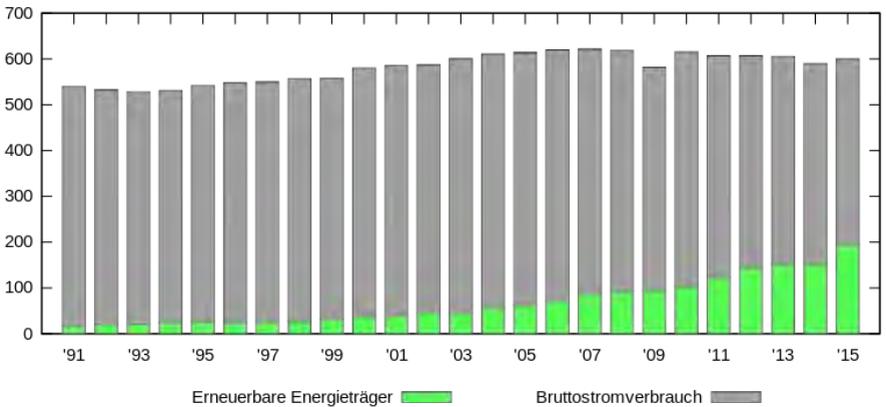


Bild 4: Anstieg der installierten Leistung von Erneuerbaren auf 112 GW im Jahr 2017
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>

Kernkraft 11,4 GW, sonstige 2,7 GW). Diese aktuell gesamt installierte Erzeugerleistung von 205 GW versorgt eine Stromnachfrage in Deutschland, die zwischen ca. 40 GW

(Schwachlast=kleinster Bezug in Jahr) und 80 GW (Höchstlast=größter Bezug im Jahr) schwankt. In Bild 5 sieht man die Struktur des Kraftwerkseinsatzes ohne Erneuerbare,

in der Laufwasser, Kernkraft und Braunkohle die Grundversorgung am Tag und in der Nacht decken, während Steinkohle und GuD-Gaskraftwerke den zusätzlichen Leistungsbedarf während des Tages sichern. Pumpspeicher und schnelle Gasturbinen gleichen minutengenau die Unterschiede zwischen dem prognostizierten Stromverbrauch (= Kraftwerkseinsatzplanung) und dem realen Stromverbrauch aus. Die Bilder 6, 7, 8 zeigen die Erzeugungsstruktur bei starker Photovoltaik- bzw. Windeinspeisung sowie bei ausgeprägter „Dunkel-Flaute“ an der viele Stunden weder Strom aus Sonne noch Wind verfügbar waren.

Für den Aufbau einer sicheren und zuverlässigen Stromversorgung ist somit die „gesicherte Leistung“ eines Erzeugers von elementarer Bedeutung. Damit ist die Leistung gemeint, die zu jedem Zeitpunkt im Jahr gesichert zur Stromversorgung eingesetzt werden kann. Inzwischen wissenschaftlich lange untersucht und anerkannt ist die gesicherte Leistung von Photovoltaik 0%, die von Wind on-shore 1% und die von Wind off-shore 2%. Konventionelle Kraftwerke sowie Erneuerbare aus Biomasse und Wasser liegen bei etwa 65-70%. Für eine zuverlässige Stromversorgung ist es unerlässlich, dass die gesicherte Leistung des Erzeugungsmix so groß ist, dass die Strom-Höchstlast immer abgesichert wird.

Damit wird aber auch zweifelsfrei offensichtlich, dass eine regenerative Vollversorgung der Stromnachfrage, ausschließlich abgestützt auf Photovoltaik und Windenergie niemals eine zuverlässige Stromversorgung ermöglichen wird. Es werden immer entweder in erheblichem Umfang konventionelle Kraftwerke benötigt, oder Stromspeicher, die um Größenordnungen über dessen liegen, die heute im deutschen Stromnetz verfügbar ist. Entwickelt man Zukunftsszenarien, die sich auf eine ergänzende konventionelle Erzeugung abstützen, werden allgemein

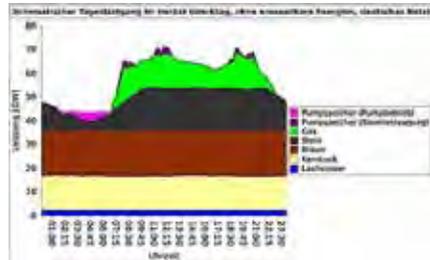


Bild 5: Struktur des Kraftwerkseinsatzes ohne Erneuerbare

Höchste Stromerzeugung aus Solarenergie Woche 21 2017

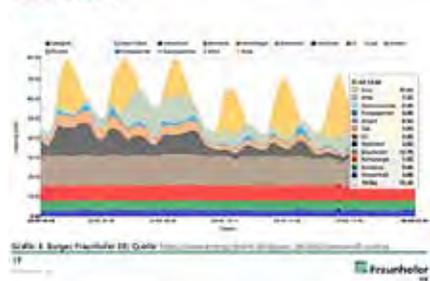


Bild 6: Struktur des Kraftwerkseinsatzes an einem sonnenreichen Tag

Höchste Stromerzeugung aus Windenergie Woche 43 2017

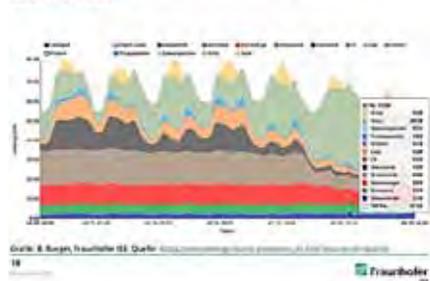


Bild 7: Struktur des Kraftwerkseinsatzes an einem windreichen Tag

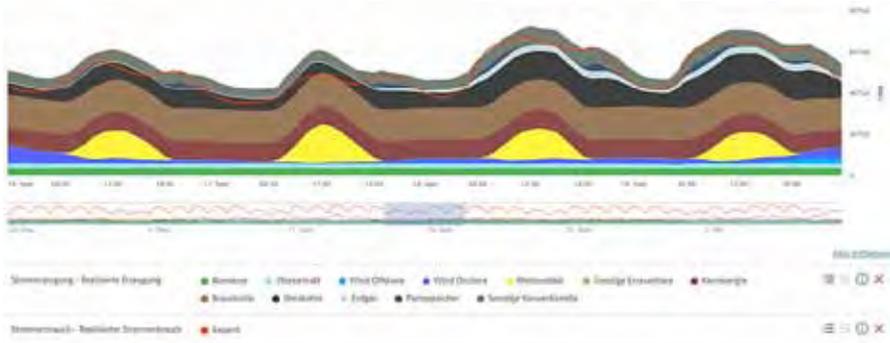


Bild 8: Struktur des Kraftwerkseinsatzes in Phasen mit ausgeprägten „Dunkel-Flauten“ In den Wochen 37/38 in 2017

künftig Kraftwerkskapazitäten im Bereich Kohle, Kernkraft und/oder Gas von 70-80 GW erforderlich sein, die in der Größenordnung der Höchstlast liegen. On Top käme dann die regenerative Einspeisung immer dann, wenn das entsprechende Energiedargebot verfügbar ist. Es ist dabei zu entscheiden, wie sich dieser Defizit heute schon um den Faktor 2 über der Höchstlast liegende Erzeugungspark über den Strompreis refinanziert. Temporäre und regionale Überzeugungen aus Erneuerbaren müssen entweder in neu zu errichtende Batteriespeicher, Druckgas-Speicher oder Pumpspeicher aus dem Netz genommen werden oder über Anlagen der Sektor-Kopplung in Wärme, Gas oder Elektromobilität gewandelt werden. Auch diese Anlagen müssen vermutlich über den Strompreis refinanziert werden. Eine gesicherte Stromversorgung auf Basis von Photovoltaik und Windenergie und zusätzlichen Großspeichern ohne ergänzende konventionelle Erzeugung wird in den nächsten 50 Jahren als unwahrscheinlich eingestuft, da bereits heute die Einspeisung von tage-/wochenweisen regenerativen Überschussproduktionen zu notwendigen Speicherkapazitäten führen würden, die um den Faktor 10-20 über der verfügbaren Speicherkapazität liegt. Deren Errichtung wird mit mindestens 20-30 Jah-

ren abgeschätzt und berücksichtigt noch nicht den Bedarf an saisonalen Speicher, mit denen dann Erzeugungs-/Nachfrage-Unterschiede über Monatszeiträume ausgeglichen werden können.

Als Zwischenfazit wird hier somit angeregt, den Schwerpunkt der Förderung in den kommenden 10 Jahren erst einmal von der Erzeugungsseite auf die Seite der Systemintegration von Speichern und steuerbaren Lasten incl. großtechnischer Sektorkopplung im Bereich Power-to-Heat und Power-to-Gas zu verlagern. Allerdings muß klar sein, dass die Technologien zwar vom Grundsatz her bekannt sind und es zahlreiche Pilotanlage kleiner Leistung gibt, das Hochskalierung auf eine Größenordnung, die im deutschen Stromnetz benötigt wird, aber einen ähnlich langen Zeitraum erfordert, wie der Aufwuchs der regenerativen Erzeugung auf o.g. 112 GW, d.h. ca. 20 Jahre.

In dieser Zeit bis zum Aufbau ausreichender Speicherkapazität bzw. steuerbarer Lasten kann eine mehr und mehr wachsende Zwangsabschaltung regionaler und zeitlich befristeter regenerativer Übererzeugungen nur reduziert werden, wenn die Stromnetze von ihrer Übertragungsfähigkeit so ausge-

baut werden, dass eine Umverteilung dieser Überschüsse in Deutschland möglich wird. Aus den Bildern 9 und 10 sieht man die regionale Verteilung von Photovoltaik und Windenergie. Windenergie weist eine besondere Häufung im nördlichen Niedersachsen, Schleswig-Holstein und vor allem in Ostdeutschland auf, während Photovoltaik mit einer hohen Dichte an Kleinstanlagen auf Dächern in Süddeutschland auftritt, aber auch viele PV- Großanlagen auf Freiflächen in Ostdeutschland installiert wurden (Nutzung ehemaliger militärischer Konversionsflächen).

Während in Süddeutschland mit etwa 28% der Bevölkerung und einer hohen industriellen Stromnachfrage die Aufnahme der überwiegend Photovoltaik-dominierten Ein-

speisung aus Erneuerbaren nur bedingt zu Kapazitätsproblemen im Netz führt, ist die Einspeisung von ca. 55 % der deutschen Windenergieleistung in die Netze im Nord-Westen von Deutschland schon wesentlich schwieriger. Auch hier hilft natürlich eine hohe Stromnachfrage durch etwa 50% der Gesamtbevölkerung und industriestarken Regionen, wie dem Ruhr- oder Rhein-Main Gebiet. Besonders schwierig ist die Lage in den Stromnetzen im Nordosten Deutschlands. Neben den PV-Großanlagen von 100 MW und mehr speisen dort auch etwa 45 % der deutschen Windanlagen in die Netze ein. Dem gegenüber steht ein ausgesprochen geringer Verbrauch von etwa 22 % der Gesamtbevölkerung und eine sehr geringen industriellen Stromnachfrage. Während der

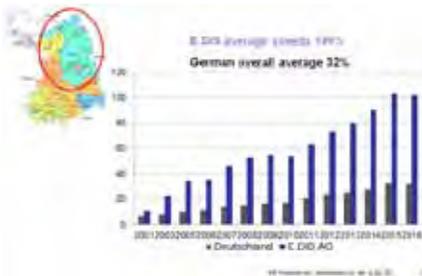


Bild 11: EE-Quote bei E.DIS übersteigt die 100% (blau), während der deutsche Durchschnitt bei 33 % (schwarz) liegt

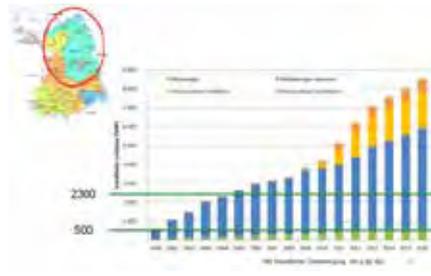


Bild 12: Die installierte EE-Leistung bei E.DIS übersteigt die Höchstlast um Faktor 4 und die Schwachlast um Faktor 17

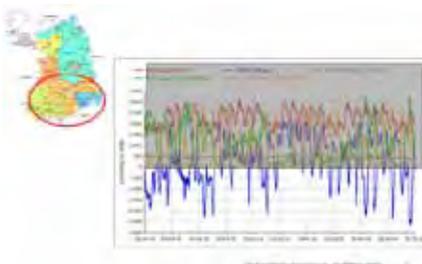


Bild 13: Rückspeisungen bei MitNetz im April 2018 (blaue Linie unterhalb der grauen Abdeckung)

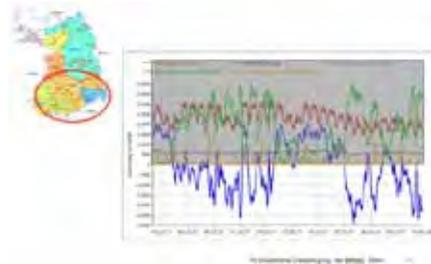


Bild 14: Rückspeisungen bei MitNetz im Dezember 2017 (blaue Linie unterhalb der grauen Abdeckung)

Anteil der EE-Erzeugung in Gesamt-Nordost-Deutschland (= Regelzone von 50 Hertz Transmission) noch bei etwas über 50% des Strombedarfes dieser Regelzone liegt, betragen diese Werte in den Netzen der E.DIS, MitNetz, Wemag, Avacon bereits heute 100% und mehr. Massive Überinstallationen im Bereich der Erneuerbaren im Vergleich zur Netzlast und massive Rückspeisungen ins überlagerte Netz der 50Hertz sind die Folge, wie aus den nachfolgenden Bildern 11-14 zu sehen ist. Derartige Rückspeisungen treten inzwischen an sehr vielen Tagen im Monat auf (Bild 13) und können auch über mehrere Tage erfolgen, was sehr groß dimensionierte Speicher erfordert, sofern keine großtechnische Nutzung dieser Überschüsse in anderen Energiesektoren eingeführt wird.

Sowohl der Abtransport dieser regenerativen Überschüsse in der Regionen über die 20kV oder 110 kV-Verteilnetze zu den Verknüpfungspunkten mit den 400 kV-Übertragungsnetzen, als auch der Abtransport über die Übertragungsnetze in die Lastschwerpunkte im Süden und Westen Deutschlands erfordern einen massiven Ausbau der Stromnetze. Bereits 2004 wurde in der ersten DENA-Studie zum Netzausbau ein Bedarf von 900 km zusätzlicher oder ertüchtigter 400 kV Leitungen ermittelt. In 2007 zeigte eine regionale Studie der BTU im Auftrag des brandenburgischen Wirtschaftsministeriums einen Bedarf von 600 km an 400 kV Leitungen und einen Bedarf von 1200 km an 110 kV Leitungen nur für das Land Brandenburg. In der zweiten DENA Studie wurde in 2010 für Gesamtdeutschland der Bedarf an 400 kV Leitungen von ursprünglich 900 km auf 4.500 km korrigiert. Auch die BTU Studie für Brandenburg wurde in 2011 durch den massiven und unerwarteten Ausbau von Photovoltaik nach oben korrigiert und zeigte dann einen Bedarf von 600 km an 400 kV Leitungen und 2.100 km an 110 kV Leitungen (jeweils Neubau oder Ertüchtigung). In 2012 wurde dann noch eine DENA-Verteilnetzstu-

die veröffentlicht, die einen Ausbaubedarf bei 110 kV von 10.000-20.000 km für ganz Deutschland auswies. Viele andere regionale Studien wiesen in diesem Zeitraum auch auf einen massiven Netzausbau hin. In Folge dessen wurde die BNetzA mit der Koordination dieses extrem umfangreichen und vor allem auch lang anhaltenden Netzausbaus beauftragt. Seither werden planerisch unterschiedlichste Netzausbaupläne für unterschiedlichste zukünftige Erzeugungs- und Lastszenarien jährlich fortgeschrieben. Alle Netzausbaumaßnahmen sind bei der BNetzA zu beantragen und von dieser zu genehmigen. Die Bilder 15 und 16 zeigten beispielhaft eine Gesamtübersicht des Netzentwicklungsplanes für Deutschland, aus der jeweils die aktuellen Bauvorhaben für den Ausbau oder die Verstärkung der Drehstromnetze bzw. den Aufbau ergänzender Gleichstromnetze zu erkennen ist. Daneben ist für das Projekt P39 eine Detailplanung für die Leitungsführung des 400 kV Leitung Röhrdorf-Remptendorf zu sehen, wie sie im Rahmen von Bürgerbeteiligungen verwendet wird.

Durch Genehmigungsverfahren, Bürgerbeteiligungen und Klageverfahren läuft der Netzausbau in Deutschland nur sehr schleppend. Von den erforderlichen mehreren tausend Kilometer wurden bislang nur wenige hundert Kilometer fertig gestellt. Schon in der Vergangenheit dauert die Errichtung neuer Leitungen oft 5 -10 Jahre, in Einzelfällen bis zu 20 Jahren. Heutige Schätzungen gehen davon aus, dass der Netzum- und -ausbau entsprechend der Erfordernisse der Energiewende noch mindestens 10 Jahre, vermutlich auch bis zu 20 Jahre dauern wird.

Solange die Netze nicht ausreichend ausgebaut sind, werden Netzeingriffe der Netzbetreiber unvermeidbar sein. Die gesetzlichen Grundlagen finden sich u.a. im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG). Die Anzahl der notwendigen Netzeingriffe pro Jahr ist ein guter Indikator dafür, ob die Netze für einen

weiteren Ausbau der Erneuerbaren besser gerüstet sind.

Im EnWG sind für die unterschiedlichen Netzbetreiber folgende Eingriffsmaßnahmen vorgesehen, die dann aktiviert werden dürfen, wenn eine Gefahr für den sicheren Betrieb der Stromversorgung besteht:

EnWG §13 (Abs. 1) ermöglicht den Übertragungsnetzbetreibern Maßnahmen zum „Re-Dispatch“ zu erzwingen. Besteht z.B. die Gefahr, dass Kuppel-Leitungen von Nordost-Deutschland nach Süddeutschland wegen Überlastung ausfallen können, ist es möglich, konventionelle Kraftwerke (die vertraglich einen Kunden im Süden beliefern) in der Regelzone von 50Hertz einzusenken und gleichzei-

tig eine freie Kraftwerkskapazität im Süden hochzufahren, um so den Leistungstransport über die Kuppelleitung zu reduzieren. Nach BNetzA Bericht vom 18.6.18 (https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2018/Quartalsbericht_Q4_Gesamt_2017.pdf;jsessionid=2708C7509BAA0A4DA9E20149BCB264A1?__blob=publicationFile&v=2) umfasste der Re-Dispatch in 2017 ein Volumen von ca. 20 TWh und verursachte Kosten von 837 M€.

Nach EnWG §13 (Abs. 2) dürfen zusätzlich zum Re-Dispatch auch regenerative Erzeugungen abgeschaltet werden, wenn die Re-Dispatch Maßnahmen alleine nicht ausreichen würden, eine Gefährdung der Stromversorgung abzuwenden. Entgangene Erlöse aus nicht eingespeister EE-Energie werden in diesem Fall nicht vergütet.

Nach EnWG § 14 und entsprechenden Regelungen im EEG dürfen Verteilnetzbetreiber Übereinspeisungen aus regenerativen und konventionellen (z.B. lokaler Strom-Wärme Kopplung) Quellen abschalten, wenn diese



Bild 15: Beispielhafter Netzentwicklungsplan der BNetzA für Gesamtdeutschland



Bild 16: Detail aus dem Netzentwicklungsplan der BNetzA am Beispiel der Trasse Röhrsdorf - Remptendorf

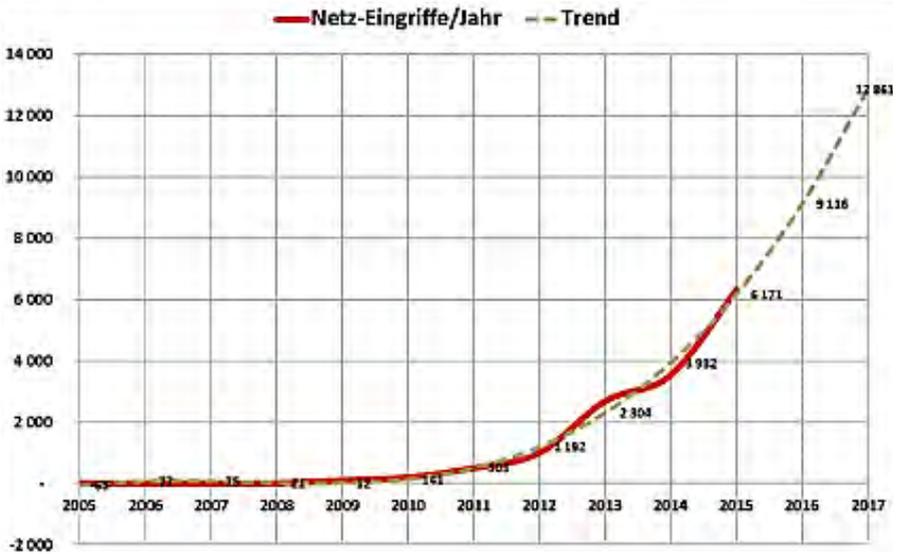


Bild 17: Anzahl der Netzeingriffe in Deutschland



Bild 18: Netzeingriffe pro Jahr gem. § 13 Abs/2 bei 50Hertz

sonst zu einer Überlastung der jeweiligen Leitungen führen würden. Die nicht eingespeiste Energie ist zu ermitteln und zu vergüten. Nach o.g. Bericht der BNetzA wurden auf diese Weise in 2017 insgesamt etwa 5,5 TWh abgeregelt. Diese waren mit 610 M€ zu vergüten.

In 2017 fielen somit insgesamt Kosten von ca. 1,4 Mrd. € an, die auf nicht ausreichende Übertragungsfähigkeit der Netze zurückzuführen waren. Ergänzend zu diesen Summen, sollen noch zwei Beispiele zur Häufigkeit der Eingriffsmaßnahmen gezeigt werden, um die Sinnhaftigkeit dieser Größen als Indikator für die Leistungsfähigkeit der Netze zu zeigen.

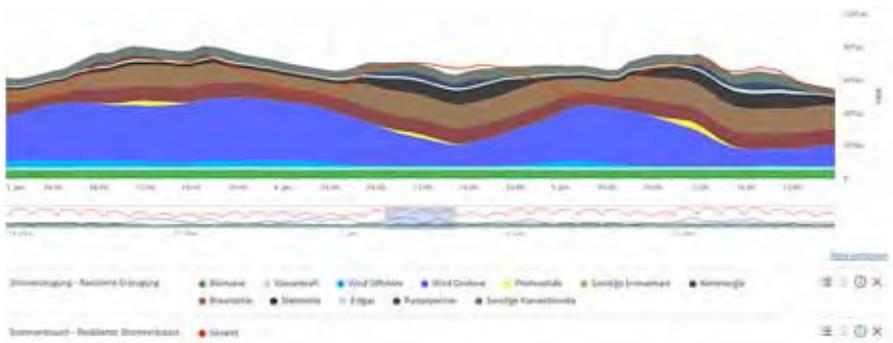


Bild 19: Überspeisung des deutschen Stromnetzes in den Nächten des 3. / 4. 5.1.2018 (rote Linie = Stromverbrauch) / <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>

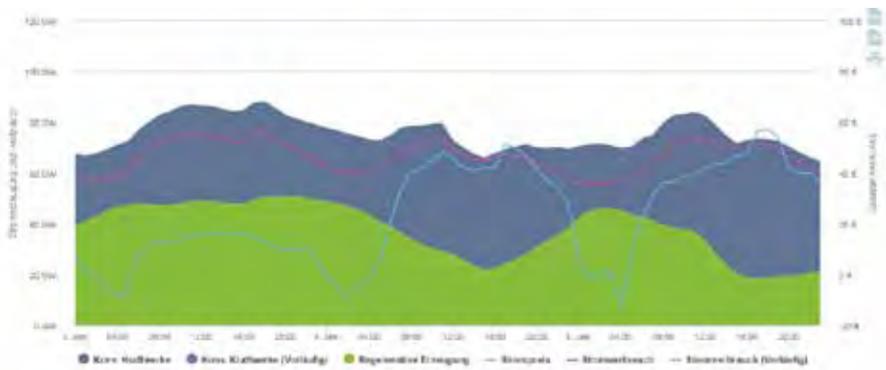


Bild 20: Vergleichbare Darstellung zu Bild 19, in der man auch in blau die negativen Strompreise am 3./4./5.1.18 erkennt / https://www.agora-energiewende.de/service/aktuelle-stromdatenagorameter/chart/power_generation_price/03.01.2018/05.01.2018/

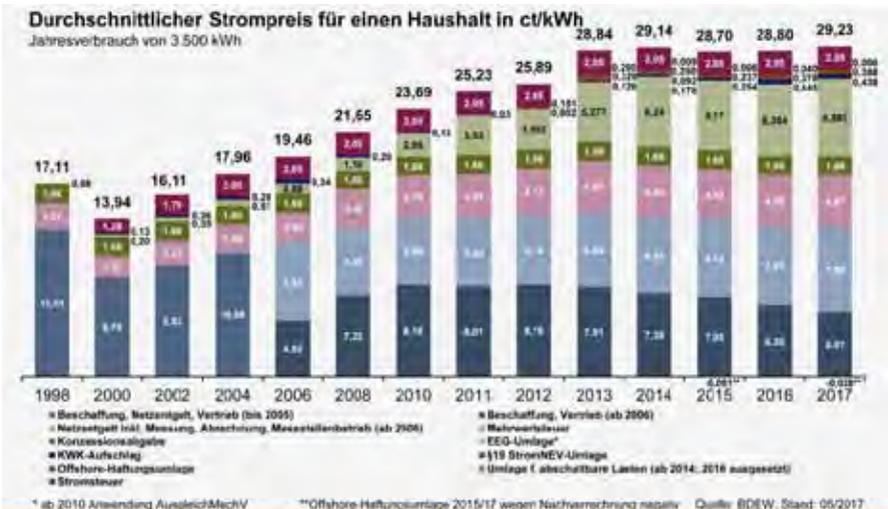


Bild 21: Entwicklung und Zusammensetzung des Haushaltsstrompreises in Deutschland

Daraus wird klar offensichtlich, dass die Netze noch weit davon entfernt sind, zusätzliche Einspeisungen aus Erneuerbaren aufzunehmen. Da auch Speicher und Anlagen zur Sektorkopplung entweder in zu geringem Umfang oder nur als Pilotanlagen in unterem MW Bereich vorhanden sind, kommt es inzwischen regelmäßig zu Situationen, in denen der gesamte Strommarkt in Deutschland überspeist wird und die Strompreise an der Strombörse in Leipzig negativ werden.

In diesen Phasen kommt es zu einem massiven Stromexport, vor allem in Richtung der Pumpspeicherkraftwerke in der Schweiz und Österreich, allerdings ohne Erlöse aus diesem Handelsgeschäft. Selbstverständlich gibt es auch außerhalb dieser Zeiten mit negativen Strompreisen einen Energieaustausch mit dem angrenzenden Ausland. Es muß aber auch erwähnt werden, dass inzwischen sehr viele Nachbarstaaten von Deutschland an den Kuppelleitungen über die Grenze sogenannten Schrägregel-Transformatoren installiert haben. Damit ist es möglich, den Leistungs-

fluß über die Grenze bis auf Null herunter zu regeln. Diese Maßnahmen werden dann aktiviert, wenn z.B. eine hohe regenerative Überspeisung im Norden Deutschlands nach Süden geleitet werden muß. Nach den Regeln der Physik würde dies über die inländischen, aber auch über die angrenzenden ausländischen Leitungen erfolgen. Würden diese regenerativen Transitflüsse von Deutschland über das Ausland nach Deutschland zu kritischen Situationen in diesen ausländischen Netzen führen, würden die Schrägregler den grenzüberschreitenden Leistungsfluß unterbinden, was natürlich zu einer noch schnelleren Überlastung der innerdeutschen Leitungen führt. Insofern sind „europäische Lösungen“ durchaus sinnvoll und wünschenswert, aber eben erst, wenn die eigenen Hausaufgaben gemacht sind.

Wie schon vorstehend an diversen Stellen erläutert, haben EEG-Umlagen, Netznutzungsentgelt und viele andere Umlagen zu einem massiven Anstieg des Strompreises für Haushaltskunden geführt. Das nachfol-

gende Bild 21 zeigt den Anstieg von ehemals 14 ct/kWh auf heute knapp unter 30 ct/kWh, wobei dies der deutsche Durchschnittswert ist. In Regionen mit hoher EE-Erzeugung und dadurch bedingt hohem Netzausbau, liegen die Werte inzwischen auch schon deutlich über 30 ct/kWh.

Zu den bisherigen Gesamtkosten der Energiewende gibt es keine verlässlichen Zahlen. Man findet aber Angaben von bislang verausgabten 400 Mrd. € und weiteren 400 Mrd. €, die über die gesetzlich garantierte Einspeisevergütung für die Zukunft bereits festgelegt sind.

Berücksichtigt man die künftig erforderlichen erheblichen Investitionen in Speichertechnik, steuerbare Lasten, Sektorkopplung und Netzausbau, die erforderlich werden, um die bisher installierte Anzahl an Erneuerbarer „systemverträglich“ in die Stromversorgung zu integrieren und dann wieder weitere EE-Erzeuger aufzunehmen, wird dringend dafür plädiert, den Fokus der Förderung in den kommenden 10 Jahren auf die bislang sträflich vernachlässigten Aspekte der Systemintegration zu legen und alle freiwerdenden Spielräume im Strompreis zu nutzen, um regenerative Überschüßerzeugungen entweder speichern zu können oder über Power-to-Heat bzw. -to-Gas bzw. -to-Vehicle in anderen Energiesektoren zu nutzen.

Die besagte Konzeptentwicklung für die Erweiterung des SMART Grid auf den gesamten BTU-Campus ist nur ein geringer Anteil an Elektromobilität vorgesehen. Somit wurde bereits in 2016 zusammen mit dem MWE-Ministerium für Wirtschaft und Energie nach Möglichkeiten gesucht, die Themen „(P2V) Power-to-Vehicle“, d.h. netzdienlich gesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen bzw. „(V2G) Vehicle to Grid“, d.h. die Nutzung von Fahrzeugbatterien als Speicher im Netz landesweit auszurollen. In der TÖPFL-Studie (Technisch-Ökonomische Potentialanalyse für Ladeinfrastruktur in Brandenburg) wur-

de insgesamt 50 Liegenschaften von oberen Landesbehörden (Ministerien, Hochschulen, Landratsämter, Finanzämter) in 25 Städten Brandenburgs besichtigt. Aufgrund der Größe der Liegenschaft, deren Lage und Publikumsverkehr sowie der Anschlussmöglichkeiten für Schnelllader mit hoher Ladeleistung wurde eine Standort-Bewertung durchgeführt. Dabei wurde herausgearbeitet, an welchen Standorten sinnvollerweise Multi-stecker Schnellladesäulen errichtet werden, die aufgrund eines hohen Publikumsverkehrs und oder der zentralen Lage nicht nur für die Beladung von Dienstfahrzeugen genutzt werden können, sondern auch öffentlich zugänglich gemacht werden sollten, um dann innerhalb von 1-2 Stunden eine Vollladungen von Fahrzeugen auch mit 50 -100 kWh Batterien zu ermöglichen.

An kleineren Standorten wurde die Sinnhaftigkeit von Ladesäulen mit 10-20 kW Ladeleistung untersucht, die für einen Ladevorgang der o.g. Batteriegröße dann zwar 5-10 Stunden benötigen würden, die aber für Dienstfahrzeuge über Nacht bzw. Mitarbeiterfahrzeuge während der Arbeitszeit eingesetzt werden könnten. Aufgrund der genannten Ladeleistung bzw. Ladezeit könnten an solchen Standorten auch rückspeisefähige Ladesäulen zum Einsatz kommen, mit denen dann die Fahrzeugbatterien während der Standzeit des Fahrzeuges an der Ladesäule auch als Speicher im Stromnetz eingesetzt werden können.

Die grundsätzlichen Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Energiewende sind relativ klar erkennbar. Entweder strebt man einen möglichst hohen Anteil regenerativer Erzeugung immer dann an, wenn es ein entsprechendes Dargebot gibt und betreibt weiterhin eine konventionelle Erzeugung etwa in der Größe der Höchstlast, die immer dann einspringt, wenn regenerative Erzeugung aufgrund ihrer nicht vorhandenen gesicherten Leistung nicht zu Verfügung steht.

Alternativ kann man in eine hohe regenerative Überinstallation gehen und in Zeiten regenerativer Überschußproduktionen diese zu speichern oder über Power-to-X in einen anderen Energiesektor zu transferieren und bei Bedarf rück zu verstromen. Das aktuell präferierte Modell, dass ein nur ausreichend vernetzter europäischer Strommarkt bei uns eine sichere Stromversorgung mit 100 % EE ermöglicht, wird nur dann funktionieren, wenn im Ausland ausreichend konventionelle Kraftwerke verfügbar sind, die bei regenerativer Erzeugungsknappheit in Deutschland einspringen würden, gleichzeitig aber die entsprechenden CO₂ Emissionen aber in den Bilanzen der Nachbarländer belassen.

Aufgrund der Dimensionen der erforderliche Anlagen kann hier im Bereich der Universitäten allerdings nur ein Beitrag im Bereich von Studien, Modellen und Konzepten geleistet werden, die speziell an Technischen Universitäten durch entsprechende Versuche an Modellanlagen verifiziert werden. Um die Fehler beim Hochskalieren aus üblichen Labormaßstäben von 100 W - 1 kW auf reale Anlagengrößen von 100 MW - 1000 MW möglichst gering zu halten, wurden bislang an der BTU Versuchsanlagen im 100 kW Bereich errichtet. Aktuell laufen die Planung bis in den Bereich von 2 MW. Dadurch wird der übliche Skalierungsfaktor von 1:1.000.000



Bild 22: PV-Anlage mit 110 kVAP

reduziert auf 1:50...500. Durch Absprachen mit diversen Netzbetreibern werden reale Meßdaten aus dem Netz geliefert, mit denen die Modelle bis in den Bereich einiger 100 MW überprüft werden können.

DER AUFBAU EINES SMART GRID AUF DEM BTU ZENTRALCAMPUS

Viele Vorarbeiten seit 2006 führten an der BTU zur Mehrgung des Know-Hows am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik (LS EVH) im Bereich der Konzeptentwicklung für Stromnetze mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Folgende Vorarbeiten wurden über die nachfolgenden Projekte bereits abgeschlossen:

- SERF - Solar Energy Research Field (Konjunkturprogramm II des Bundes und der Länder)
- e-SolCar (berlin-brandenburgisches Leitprojekt Elektromobilität)
- SCR - SMART Capital Region (brandenburger Beitrag zum Nationalen Schaulfenster Elektromobilität)

Der Einstieg in die stark messtechnisch orientierten Projekte im Bereich der SMART-Grids und der Elektromobilität gelang in den Jahren 2010 / 2011, als das Solar Energy Research Field des LS EVH aufgebaut wurde und hierüber eine große Photovoltaik-Anlage mit ca.



Bild 23: Batterieanlage mit 2 MWh installierter Kapazität



Bild 24: Messpfeil der PV-Anlage



Bild 25: Ladesäulenpark



Bild 26: GeC CETOS (ehem. Opel Corsa)



Bild 27: GeC PLANTOS (ehem. Mercedes-Sprinter)



Bild 28: Toyota Highlander



Bild 29: GeC PLANTOS (Besitz des LS EVH)

1000 m² und 110 kVAp, sowie eine Batterieanlage mit einer installierten Kapazität von 2 MWh als Bleisäurebatterie mit einem nutzbaren Hub von 500 kWh bei 4.000 Zyklen für Forschungsthemen zur Verfügung standen.

Im Rahmen des Solar Energy Research Fields wurde auch ein Messsensor installiert, über den die zeitlich aufgelöste PV-Einspeisung als Leistungswerte für unterschiedliche Neigungen und Himmelsrichtungen erfasst und die



Bild 30: Kommunikationsmodul im CETOS



Bild 31: Kommunikationsmodul in der Ladesäule



Bild 32: Energiemanagementsystem (Übersicht)



Bild 33: Energiemanagementsystem (Rückspeisung)

reale PV-Einspeisung auf unterschiedlichste Szenarien umgerechnet werden kann. Im Vorgriff auf das in 2011 startende Projekt e-SolCar wurde die Grundversion einer Ladeinfrastruktur bestehend aus 16 Säulen aufgebaut.

Das Projekt e-SolCar war von 2011 - 2014 eines der beiden Leitprojekte der Länder Berlin und Brandenburg im Bereich der Elektromobilität. Während in Berlin der Fokus auf innerstädtische Mobilitätsaspekte gelegt wurde, konzentrierte sich e-SolCar auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen als steuerbare Lasten (P2V) oder Speicher im Netz (V2G). Kerninhalt war die Entwicklung technischer Komponenten, um von einer Netzleitstelle Elektro- oder Plug-In Hybrid Fahrzeuge entsprechend

der regenerativen Erzeugung im Netz mehr oder weniger stark zu laden bzw. auch temporär zu entladen. Da keiner der großen Fahrzeughersteller Eingriffe in seine Elektro- oder Plug-In Hybrid-Fahrzeuge zugelassen hat, wurden in e-SolCar insgesamt 46 Fahrzeuge (Opel Corsa, Mercedes Benz Sprinter, Toyota Highlander) erworben, im Projekt von GeC - German E-Cars auf Elektroantrieb umgebaut und in Folge auf gesteuertes Laden oder Rückspeisefähigkeit weiterentwickelt.

Diese Fahrzeuge wurden im Projekt SCR - SMART Capital Region noch bis 09/2016 weiter als Leasingfahrzeuge genutzt und dann außer Dienst gestellt. Ein GeC PLAN-TOS als Kleinbus befindet sich in Besitz des

LS EVH und wird weiter auch im Projekt WindNODE genutzt.

Mit Fa. Siemens wurde für die o.g. Fahrzeuge die erforderliche Rückspeise- sowie Kommunikationstechnik zwischen Netzleitsystem, Ladesäule, Fahrzeug und Fahrer entwickelt und erprobt, um den Ladesäulenpark der BTU als gesteuerte Last bzw. Speicher über ein ebenfalls entwickeltes Energiemanagementsystem zu betreiben.

Da es nach wie vor vorsichtige Zurückhaltung der Autoindustrie zur P2V bzw. V2G gibt, wurde ebenfalls zusammen mit Siemens eine Handy-App entwickelt, über die kommerziell verfügbare Elektrofahrzeuge bzw. Plug-In Hybride zumindest gesteuert geladen werden können. Hierbei gibt der Fahrer den aktuellen Batterieladestand und seine gewünschte Abfahrzeit per Bluetooth vom Handy an die Ladesäule weiter und diese lädt das Fahrzeug dann über ein von der Netzleitstelle beeinflussbares Stromprofil auf.

Aufbauend auf e-SolCar wurde von 07-2013 bis 06-2016 das Projekt SCR-SMART Capital Region als Beitrag des Landes Brandenburg zum Internationalen Schaufenster „Elektromobilität“ durchgeführt. Konzeptionell ähnlich, allerdings in wesentlich kleinerem Rahmen wurde hier in ersten Konzeptideen untersucht, in wie weit die temporären, regenerativen Überschüsse aus dem Land Bran-



Bild 34: kommerzielles PHEV

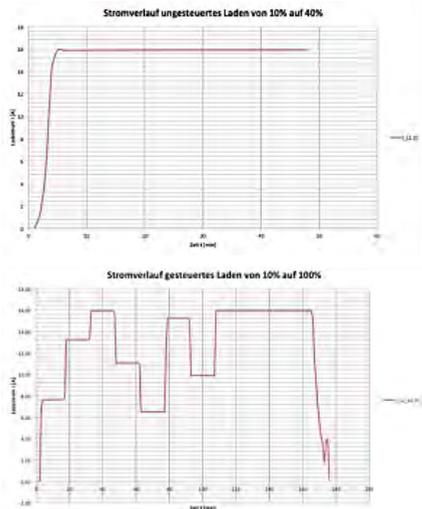


Bild 35: Ladeprofil ohne (oben) / mit (unten) Nutzung der Handy-App

denburg radial nach Berlin geleitet werden können, um diese dort in steuerbaren Lasten wie P2H (Power-to-Heat); P2C (Power-to-Cool); P2G (Power-to-Gas); P2V (Power-to-Vehicle), sowie Speicher im Strom-, Gas-, Wärme- und Mobilitätsbereich zu nutzen.

Für dieses Projekt wurde eine insgesamt 3-geteilte Umsetzungsstrategie verfolgt:

- Entwicklung erster Konzeptideen, die in Folge im neuen Power System Simulator der BTU ingenieurwissenschaftlich stark ausgeweitet werden sollen.
- Aufbau eines Datenübertragungssystems aus den 380 / 110 kV Umspannstationen Brandenburgs und Berlins zur Erfassung und anschließenden Visualisierung der zeitlich und räumlich hoch aufgelösten regenerativen Erzeugung sowie der Residuallasten an den jeweiligen Stationen.
- Weiterentwicklung der o.g. technischen Infrastruktur auf dem BTU-Zentralcam-

Bild 36: Power-to-Gas Anlage mit 150 kW_{el}Bild 37: Power-to-Gas Anlage mit 150 kW_{el}Bild 38: Power-to-Heat Anlage 60 kW_{el}, Speicher 230 kWhBild 39: Power-to-Cool Anlage mit 15 kW_{Kälte}Bild 40: BHKW mit 80 kW_{th} / 40 kVA

Bild 41: Blindleistungsfähiger Generator des BHKW

pus zu einem umfassenden SMART Grid mit Hilfe dessen in der Leistungsklasse von jeweils einigen 100 kW das dynamische Betriebsverhalten der jeweiligen SMART Grid Komponenten gemessen und modelliert werden kann, um dies in Folge für einen Scale-Up in Berlin und Brandenburg zu verwenden.

Aus diesem Grund wurde ergänzend zur bereits vorhandenen Power-to-Gas Anlage mit 150 kW elektrisch auch eine Power-to-Heat Anlage mit 60 kW_{el} bzw. Power-to-Cool Anlage mit 15 kW-Kälte errichtet, die mit einem Wärmespeicher mit 230 kWh ($\pm T = 20$ K) kombiniert sind. Der Speicher kann über P2H direkt mit regenerativem Strom der PV-

Anlage oder einem ebenfalls errichtetem, blindleistungsfähigem BHKW über die Strom- oder Wärmeseite beladen werden. Entladen wird der Wärmespeicher über Wärmetauscher oder die P2C-Anlage.

Ergänzend zu den vorgenannten Komponenten, die betriebstechnisch im unmittelbaren Zugriff des LS EVH sind, wurden auch 25 Büro- und Laborgebäude auf dem Zentralcampus mit SMART Metern ausgerüstet. Die entsprechenden Daten werden auf die Server von SMART Capital Region übertragen und stehen für die Teilprojekte in SMART Capital Region 2.0 als Projektbeitrag des LS EVH in WindNODE zur Verfügung um das Lastprofil der BTU im Detail ermitteln zu können und die Auswirkungen eines wachsenden Anteils regenerativer Erzeugung, steuerbarer Lasten und Speicher auf die Residuallast zu analysieren.

Das inzwischen errichtete Besucherzentrum Intelligente Energie-Netze (BIENE) auf dem BTU-Zentralcampus steht ebenfalls für den Projektbeitrag des LS EVH zur Verfügung. Damit wird dieser Beitrag dem besonderen „Schaufenster-Charakter“ von SCR gerecht. In diesem Gebäudeteil ist auch die Leitstelle des SMART Grid auf dem Zentralcampus der BTU untergebracht. Im Besucherzentrum wird die Geschichte der Energieversorgung und der Elektromobilität in Berlin und Brandenburg gezeigt und vor dem Besucherzentrum erläutern entsprechende Schautafeln die unterschiedlichen Komponenten des SMART Grids.



Bild 42: SMART Meter in einem der BTU Gebäude



Bild 43: Datenserver in SCR - SMART Capital Region



Bild 44: BIENE - Besucherzentrum (Außenansicht)



Bild 45: BIENE - Besucherzentrum (Innenansicht)

Die zusammenfassende Übersicht der aktuell nutzbaren Infrastruktur zeigt die nachfolgende Übersicht.



Bild 46: Technische Basis für den Beitrag SMART Capital Region 2.0 im Rahmen des WindNODE-Antrages

AUSBAU DES BTU-SMART GRID UND KONZEPTE FÜR EIN LADESÄULEN-NETZ AN BEHÖRDENSTANDORTEN

Die BTU Cottbus-Senftenberg betreibt auf dem Zentralcampus in Cottbus ein eigenes 20-kV-Netz, welches über zwei Schaltanlagen mit dem Netz der öffentlichen Stromversorgung (Netzbetreiber: Energieversorgung Cottbus) verbunden ist. Die Stromabnahme schwankt zwischen 0,6 MW (Schwachlast) und ca. 2 MW (Höchstlast). Mit Ausnahme des in Kap. 2.1 beschriebenen und als Forschungsanlage geplanten Micro Grids, verfügt das Campusnetz bislang über keine eigenen Erzeugungsanlagen und Speicher.

Im Rahmen einer RENplus-Förderung soll ein Entwicklungskonzept erarbeitet werden, wie der BTU-Zentralcampus komplett in ein Smart Grid umgestaltet werden kann. Die zu untersuchenden Umsetzungsmaßnah-

men sollen substantiell zur Verminderung von CO₂-Emissionen beitragen, die sich aus dem Stromverbrauch auf dem Zentralcampus ergeben. Somit erfolgt die Erarbeitung des Entwicklungskonzeptes unter folgenden Randbedingungen:

- Ermittlung der maximal möglichen Einspeisung erneuerbarer Energien in das Campusnetz. Aufgrund der innerstädtischen Lage des Campus wird der Schwerpunkt hier bei der Einspeisung aus Photovoltaik liegen. Technisch bestimmt und wirtschaftlich bewertet werden sollen dabei auch alle elektrotechnischen Komponenten, die zum Anschluss dieser EE-Einspeisung an das BTU-eigene Niederspannungsnetz erforderlich sind.

- Untersuchungen zu erforderlichen Speichern, um die hochvolatile Einspeisung aus Photovoltaik innerhalb des BTU-Campusnetzes auszugleichen. Ferner soll hierüber das Lastprofil der Residuallast der BTU derart geregelt werden, dass eine Rückspeisung ins Netz der öffentlichen Versorgung unterbleibt.
- Ermittlung verfügbarer und zukünftiger steuerbarer Lasten, die neben möglichen Lastverschiebungspotentialen auch Power-to-Heat-Anlagen bzw. Power-to-Gas-Anlagen in das Konzept mit einbinden. Auch für den BTU-eigenen Fahrzeugverkehr auf dem Zentralcampus, zwischen den Standorten Cottbus und Senftenberg sowie für Dienstreisen ist ein Power-to-Vehicle-Konzept zu entwickeln, welches aus der erneuerbaren Einspeisung auf dem Campus versorgt wird und somit zur Reduktion von CO₂-Emissionen beiträgt. In das Konzept können auch weitere Landesdienststellen

einbezogen werden, wie z.B. diejenigen, welche in der TÖPFL-Studie in 2017 analysiert wurden.

Die Leistungen wurden ausgeschrieben und vergeben. Ein abschließendes Konzept wird Mitte / Ende 2019 erwartet.

Sowohl im existierenden SMART Grid an der BTU, als auch in der aktuell beauftragten Konzeptentwicklung für die Erweiterung des SMART Grid auf den gesamten BTU-Campus ist nur ein geringer Anteil an Elektromobilität vorgesehen. Somit wurde bereits in 2016 zusammen mit dem MWE-Ministerium für Wirtschaft und Energie nach Möglichkeiten gesucht, die Themen „(P2V) Power-to-Vehicle“, d.h. netzdienlich gesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen bzw. „(V2G) Vehicle to Grid“, d.h. die Nutzung von Fahrzeugbatterien als Speicher im Netz landesweit auszurollen. In der TÖPFL-Studie (Technisch-Ökonomische Potentialanalyse für Ladeinfrastruktur in Brandenburg) wurde insgesamt 50 Lie-



Bild 47: BTU - Zentralcampus

genschaften von oberen Landesbehörden (Ministerien, Hochschulen, Landratsämter, Finanzämter) in 25 Städten Brandenburgs besichtigt. Aufgrund der Größe der Liegenschaft, deren Lage und Publikumsverkehr sowie der Anschlußmöglichkeiten für Schnelllader mit hoher Ladeleistung wurde eine Standort-Bewertung durchgeführt. Dabei wurde herausgearbeitet, an welchen Standorten sinnvollerweise Multistecker Schnell-Ladesäulen errichtet werden, die aufgrund eines hohen Publikumsverkehrs und oder der zentralen Lage nicht nur für die Beladung von Dienstfahrzeugen genutzt werden können, sondern auch öffentlich zugänglich gemacht werden sollten, um dann innerhalb von 1-2 Stunden eine Voll-Ladungen von Fahrzeugen auch mit 50 -100 kWh Batterien zu ermöglichen.

An kleineren Standorten wurde die Sinnhaftigkeit von Ladesäulen mit 10-20 kW Ladeleistung untersucht, die für einen Ladevorgang der o.g. Batteriegröße dann zwar 5-10 Stunden benötigen würden, die aber für Dienstfahrzeuge über Nacht bzw. Mitarbeiterfahrzeuge während der Arbeitszeit eingesetzt werden könnten. Aufgrund der genannten Ladeleistung bzw. Ladezeit könnten an solchen Standorten auch rückspeisefähige Ladesäulen zum Einsatz kommen, mit denen dann die Fahrzeugbatterien während der Standzeit des Fahrzeuges an der Ladesäule auch als Speicher im Stromnetz eingesetzt werden können.

AKTUELLES LADESÄULENPROJEKT

Über ein im Frühsommer 2018 bewilligtes Förderprojekt sollen von den in Kap. 2.2 untersuchten Standorten nun an den Hochschulstandorten Cottbus-Zentralcampus, Cottbus-Sachsendorf, Eberswalde, Potsdam und Senftenberg diverse Multi-Stecker Schnell-Ladesäulen errichtet werden. Auf dem BTU-Zentralcampus werden auch rückspeisefähige Säulen errichtet.



Nach europaweiter Ausschreibung wurde der Auftrag an DELTA Electronics vergeben. Zum Einsatz kommen werden in der aktuellen Ausbauplanung insgesamt 6 Multistecker Schnell-Lader für bis zu 6 Fahrzeuge gleichzeitig mit einer gesamten DC-Ladeleistung von bis zu 150 kW. Ferner werden 3 rückspeisefähige Wallboxen mit 22 kW DC Leistung auf dem BTU Zentralcampus in Cottbus errichtet.

In enger Kooperation mit der BTU werden von DELTA geeignete Kommunikations- und Energiemanagementsysteme entwickelt, über die die Fahrzeuge netzdienlich gesteuert geladen werden können oder als Speicher im Netz betrieben werden können, sofern die jeweiligen Fahrer dies zulassen. Um einen möglichst aktuellen Bezug der Ladevorgänge zur realen Situation im Netz zu haben, bekommt die BTU aus den Leitwarten der 50Hertz, Stromnetz Berlin, E-DIS Netz, WEMAG Netz und MitNetz-Strom für alle Umspannanlagen in Berlin, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern jeweils im 15 min Raster die Meßwerte für die Transformatorleistungen sowie die dort regional einspeisenden EE-Anlagen.

Bild 49: Ladesäulenstandorte Pilotprojekt



Bild 50:DELTA-Multistecker-Schnelllader für bis zu 4 Fahrzeuge (oben links); DELTA-Wallbox rückspeisefähig (oben rechts); DELTA-Multistecker-Schnelllader für bis zu 6 Fahrzeuge (unten)

Selbstverständlich hat die BTU keinen Zugang auf die aktiven Leitsysteme der Netzbetreiber, aber immer dann, wenn diese Systeme einen Datensatz im eigenen Archiv abspeichern, erhält die BTU eine Kopie. Somit würde zwar der aktuelle Ladevorgang der Fahrzeuge noch mit den Meßdaten aus dem Netz von „gestern“ gesteuert werden, für die Entwicklung und Erprobung der notwendigen Kommunikations- und Energiemanagementsysteme ist dies aber vollkommen ausreichend und vor allem deutlich besser, als die Annahme fiktiver Daten.

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Energiewende in Deutschland ist die Senkung der CO₂-Emission. Diese Reduktionen zu erreichen ist grundsätzlich sinnvoll und notwendig. Seit ca. 20 Jahren wird über das EEG hier ein ganz besonderer Fokus auf die Reduktion der CO₂ Emission im Bereich der Stromerzeugung gelegt. Inzwischen konnte der Anteil Erneuerbarer an der Stromerzeugung auf 33% bzw. 218 TWh gesteigert werden. Der gesamte Brutto-Stromverbrauch beträgt zwischen 600-650 TWh und ist seit vielen Jahren defacto konstant. Dabei soll nicht suggeriert werden,

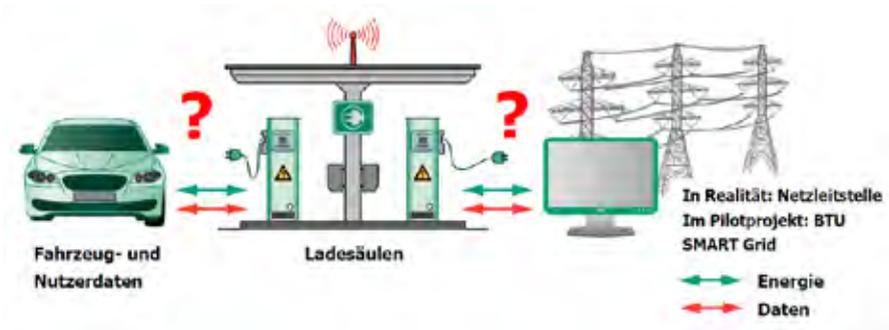


Bild 51: Grundstruktur der Datenkommunikation

dass 1/3 von Deutschland mit erneuerbarem Strom zuverlässig versorgt werden kann. In den Zahlen werden lediglich die über das Jahr verteilt aus Erneuerbaren erzeugten Kilowattstunden aufsummiert und mit den aufsummierten Kilowattstunden der Stromabnahme im gleichen Jahr verglichen. Um diesen Anteil künftig weiter steigern zu können, gibt es grundsätzlichen Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Energiewende, die sind relativ klar erkennbar. Entweder strebt man einen möglichst hohen Anteil regenerativer Erzeugung immer dann an, wenn es ein entsprechendes Dargebot gibt und betreibt weiterhin eine konventionelle Erzeugung etwa in der Größe der Höchstlast, die immer dann einspringt, wenn regenerative Erzeugung aufgrund ihrer nicht vorhandenen gesicherten Leistung nicht zu Verfügung steht. Alternativ kann man in eine hohe regenerative Überinstallation gehen und in Zeiten regenerativer Überschussproduktion diese speichern oder über Power-to-X in einen anderen Energiesektor transferieren und bei Bedarf rück verstromen.

Eine der Power-to-X Technologien mit der Option der Rückverstromung ist das netzdienliche gesteuerte Laden von Elektrofahrzeugen (P2V) und die Nutzung der Fahrzeugbatterien als Speicher im Netz (V2G). Bereits sehr früh wurden in 2011-2014 in einem Projekt an der BTU entsprechende

Technologien entwickelt und erprobt und in das SMART Grid der BTU integriert. Der technische Ausführungsstand dieser Fahrzeuge und Ladesäulenteknologie befand sich damals aber auf dem Niveau von universitären Versuchsmustern. Da die Zuverlässigkeit der Stromversorgung in Japan nach dem Störfall in Fukushima und der Abschaltung diverse Kernkraftwerke zurückgegangen ist, hat sich auf dem japanischen Markt eine Nachfrage nach rückspeisefähigen Elektrofahrzeugen entwickelt, die im Fall der Versorgungsunterbrechung in der Lage sind, zumindest eine kleine Hausstromversorgung aufrecht zu erhalten. Für einen großen japanischen Autohersteller hat DELTA Electronics in Taiwan deshalb rückspeisefähige Wallboxen mit bis zu 22 kW DC-Leistung entwickelt, die ab 2019 auf den Markt kommen werden. Der BTU ist es gelungen, neben diversen Mehrfachstecker-Schnell-Ladesäulen auch einige V2G-fähige Wallboxen zu erwerben. In einem Projekt bis Ende 2020 soll auf Basis dieser Technologie nun ein Kommunikations- und Energiemanagementsystem entwickelt werden, mit denen dann ein netzdienliches Laden und Entladen von Großserienfahrzeugen und kommerziellen Ladesäulen ermöglicht werden kann.

NETZINTEGRATION DER ELEKTROMOBILITÄT AUS ENERGIEWIRTSCHAFTSRECHTLICHER SICHT

Dr. Katharina Vera Boesche, Rechtsanwältin
Leiterin Fachgruppe Recht des BMWi-Förderprojektes
„IKT für Elektromobilität“

Die Vorschrift des § 14a EnWG wurde im Rahmen der Novellierung des EnWG vom August 2011 in das Gesetz aufgenommen und regelt in Verbindung mit einer noch durch die Bundesregierung zu erlassenden Rechtsverordnung die Steuerung von unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen in Niederspannungsnetzen. Mit der Vorschrift goss der Gesetzgeber erstmals Ansätze, die sich mit dem Begriff Smart Grids¹ verbanden, in ein Gesetz.

Im Zuge des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende vom 29.8.2016, welches das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) enthält, wurde die Vorschrift geändert.² Eine entscheidende Änderung ist das Ersetzen der Voraussetzung „unterbrechbar“ durch das Wort „steuerbar“. Die relevanten Anlagen müssen nicht mehr zwingend unterbrechbar sein (was seitens der Verfasserin sehr begrüßt wird³), vielmehr genügen – so der Gesetzgeber – „ganz allgemein steuerbare (also nicht nur abschaltbare) Verbrauchseinrichtungen“.⁴ Der Gesetzgeber lässt bereits im Wortlaut anklängen, dass durchaus komplexere Steuerungsvorgänge erforderlich sind. So hat er die vorherige Fassung des „Unterbrechens“, für das ein simples Ein-/Aus-Schaltens genügt, durch den Begriff des „Stuerns“ ersetzt.

Gestrichen wurde durch die Novelle von 2016 auch der Begriff der „Netzentlastung“, der sich als Zweck im letzten Teil-

satz des Satz 1 verband. Ersetzt wurde der Zweck durch die Formulierung der „netzdienlichen Steuerung“. Die Änderungen ermöglichen laut Gesetzesbegründung einen „noch breiteren Flexibilitätsansatz über eine Rechtsverordnung“.⁵ Unter dem Zweck der Netzdienlichkeit ist zu verstehen, dass sich bestimmte Netznutzer oder eine Gruppe von Netznutzern so verhalten, dass die von ihnen ausgehende Nachfrage „moderiert“ wird. Findet diese Moderation in einer Art und Weise statt, die dem Verteilnetzbetreiber zugutekommt, d.h. dessen Aufgabe der Lastspitzenglättung vereinfacht, kann sie als „netzdienlich“ bezeichnet werden. Dies wird insbesondere der Fall sein, wenn das Netz entlastet wird. Eine solche (netzdienliche) Entlastung findet aus technischer Sicht regelmäßig statt, wenn die kapazitätstreibende Nachfrage vom Zeitpunkt der zeitgleichen Höchstlast herausverlagert wird. Analog zu § 33 MsbG kann erwartet werden, dass die Netzdienlichkeit nach dem Willen des Gesetzgebers einer Steuerung durch ein intelligentes Messsystem bedarf.⁶

Auch verzichtete der Gesetzgeber des MsbG auf das frühere Erfordernis der Zumutbarkeit der Steuerung für den Letztverbraucher und Lieferanten, was hier begrüßt wird, da der unbestimmte Rechtsbegriff der Zumutbarkeit sehr viel Spielraum für unterschiedliche Interpretationen lässt. Was dem einen Verbraucher noch als zumutbar erscheint, ist es für einen anderen möglicherweise schon lange nicht mehr.⁷

⁵ BT-Drs.18/7555, S. 1111.

⁶ Im EnWG wird der Begriff der „Netzdienlichkeit“ nicht definiert. In § 33 MsbG finden sich hingegen Anforderungen an einen „netzdienlichen und marktorientierten Einsatz“. Dort ist u.a. die Ausstattung der Messstelle mit einem intelligenten Messsystem und Steuerung derselben über ein intelligentes Messsystem vorgesehen. So auch Franz/Boesche, in Säckler, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.13.

⁷ So schon Franz/Boesche, in: Säckler, Kommentar zum EnWG, 3. Aufl., § 14a Rn.21 f.

¹ Zum Begriff Smart Grids vgl. EURELECTIC, Smart Grids and Networks of the Future, EURELECTRIC Views, 2009, S. 7; VDE/DKE, Die deutsche Normungsroadmap E-Energy/ Smart Grids, 2010, S. 13.

² In Kraft getreten am 2.9.2016, BGBl. I 2034.

³ Hatte sie dies doch bereits in der Kommentierung des § 14a EnWG in der 3. Auflage des Berliner Kommentars zum EnWG aus dem Jahr 2014 angeregt.

⁴ BT-Drs.18/7555, S. 1111

LETZTVERBRAUCHER ALS ADRESSAT DER STEUERUNG

Nach dem Sinn und Zweck des § 14a EnWG wie nach den tatsächlichen Gegebenheiten ist der Letztverbraucher Adressat der Nachfrageflexibilität. Logische Konsequenz ist, dass gerade seine Belange berücksichtigt werden müssen. Im Falle der Elektromobilität kommt es daher entscheidend darauf an, welcher Letztverbraucher adressiert wird: der Betreiber des Ladepunktes, der im Zuge des Strommarktgesetzes einem Letztverbraucher gleichgestellt wurde,⁸ oder der Nutzer des Fahrzeugs, die bekanntlich auch beim privaten Laden (z. B. beim Arbeitgeber) zusammenfallen. Es wird letzten Endes immer ein Kunde bzw. eine in dessen Kontrolle befindliche Anlage sein, die die Quelle der im Rahmen der Anwendung des § 14a EnWG zu nutzenden Flexibilität sein wird. Es bedarf somit des Einverständnisses des Kunden. Ohne das Zutun des Kunden und sein Einverständnis zu Steuerungsmaßnahmen ist eine Steuerung der sich in seinem „Machtbereich“ befindlichen Verbrauchsanlagen nicht zu bewerkstelligen. Grundlage für netzdienliche Steuerungen seien auf Grundlage der bisherigen Gesetzesfassung nach den Vorstellungen des Gesetzgebers hierbei stets „Vereinbarungen zwischen Netzbetreibern und dem Anschlussnutzer.“⁹ Erforderlich ist die Erklärung des Einverständnisses mit steuernden Managementhandlungen durch den Verteilnetzbetreiber seitens des Anschlussnutzers zu erteilen. Hier ist eine vergleichbare Regelung denkbar, wie sie sich bislang in § 5 MsbG für die Wahl des Messstellenbetreibers durch den Anschlussnutzer findet. Sind Eigentümer des Hausanschlusses (Anschlussnehmer) und der Inhaber der Steuerungseinheit (Anschlussnutzer) und des Energiemanagementsystems (EMS) identisch, dürfte sich das Einwilligungserfordernis ohne größere Komplexität handhaben lassen. Fallen Anschlussnutzer und

Anschlussnehmer hingegen auseinander, wie das im Falle von Mehrfamilienhäusern gegeben ist, stellt sich die Frage, auf wessen Einwilligung es ankommt. § 6 Absatz 1 MsbG sieht bezüglich der Wahl des Messstellenbetreibers vor, dass statt des Anschlussnutzers ab dem 1. Januar 2021 der Anschlussnehmer einen Messstellenbetreiber auswählt, wenn dieser verbindlich anbietet,

1. dadurch alle Zählpunkte der Liegenschaft für Strom mit intelligenten Messsystemen auszustatten,
2. neben dem Messstellenbetrieb der Sparte Strom mindestens einen zusätzlichen Messstellenbetrieb der Sparten Gas, Fernwärme oder Heizwärme über das Smart-Meter-Gateway zu bündeln (Bündelangebot) und
3. den gebündelten Messstellenbetrieb für jeden betroffenen Anschlussnutzer der Liegenschaft ohne Mehrkosten im Vergleich zur Summe der Kosten für den bisherigen getrennten Messstellenbetrieb durchzuführen.

In vergleichbarer Weise ließe sich in eine zukünftige § 14a EnWG-Rechtsverordnung aufnehmen, dass beispielsweise ebenfalls ab dem Zeitpunkt, für den intelligente Messsysteme auch für Ladeinfrastruktur mit hoher Wahrscheinlichkeit erwartet werden, der Anschlussnehmer statt des Anschlussnutzers in Mehrfamilienhäusern die Auswahl trifft, ob alle Anlagen eines Hausanschlusses, die mit einem intelligenten Messsystem und einem Energiemanagementsystem ausgestatteten Zählpunkte ausgestattet sind, zu steuerbaren Anlagen werden. § 48 MsbG sieht eine Einbaupflicht intelligenter Messsysteme in Ladeeinrichtungen ab dem 1. Januar 2021 vor. Nach den bisherigen Erfahrungen mit intelligenten Messsystemen, die erste BSI-Zertifizierung eines Smart Meter Gateways liegt nun mit einiger zeitlicher Verzögerung seit dem 20. Dezember

⁸ Strommarktgesetz vom 26.7.2016 BGBl. I 2016, S. 1786.

⁹ BT-Drs.18/7555, S. 1111.

2018 vor¹⁰, wird allseits erwartet, dass sich auch der Entwicklungs- und Zertifizierungsprozess intelligenter Messsysteme für Ladeeinrichtungen länger hinziehen wird, als es die gesetzliche Einbaupflicht vorsieht. Statt eines fixen Datums ließe sich in die Verordnung eine Formulierung aufnehmen, die auf den Zeitpunkt abgestellt wird, in dem intelligente Messsysteme für Ladeinfrastruktur mindestens von drei unabhängigen Marktanbietern vorliegen.

Da es bislang keine Verträge über das Management steuerbarer Anlagen des Anschlussnutzers gibt, bedarf es einer vergleichbaren Regelung wie in § 6 Absatz 2 Satz 1 MsbG nicht für die Erstaufnahme der Managementhandlungen. Sollte es aber zu einem Wechsel kommen, bietet sich eine vergleichbare Regelung an. So enden nach § 6 Absatz 2 Satz 1 MsbG für den Fall, dass der Anschlussnehmer das Auswahlrecht aus Absatz 1 ausübt, laufende Verträge für den Messstellenbetrieb der betroffenen Sparten entschädigungslos, wenn deren Laufzeit mindestens zur Hälfte abgelaufen ist, frühestens jedoch nach einer Laufzeit von fünf Jahren. Es spricht einiges dafür, die Bindefrist an die Bereitschaft sich steuern zu lassen, ebenfalls auf fünf Jahre anzulegen, da kürzere Fristen der Verlässlichkeit auf die dem Verteilnetzbetreiber zur Verfügung stehenden managbaren Anlagen eine planbare, verlässliche Lastspitzenglättung erschweren oder gar verhindern würden.

Auch das weitere Procedere könnte angelehnt werden an das im MsbG etablierte Auswahlrecht des Anschlussnehmers. Trifft der Anschlussnehmer die Wahl, dass die Anlagen hinter dem Hausanschluss steuerbar sein sollten, hat er den Anschlussnutzer spätestens einen Monat vor Ausübung seines Auswahlrechts nach Absatz 1 in Textform über

die geplante Ausübung zu informieren (vgl. § 6 Absatz 3 Satz 1 MsbG). Die Information sollte eine Angabe (vergleichbar zu § 6 Absatz 3 Satz 2 Nummer 2 MsbG) zum Zeitpunkt ab dem die Anlagen steuerbar werden und damit auch die Netzentgeltreduktion greift enthalten. Die Netzentgeltreduktion kommt nach der bisherigen Fassung des § 14a EnWG dem Netznutzer zugute. Es ist aber zu erwarten, dass dieser die Entgeltreduktion als Teil des Strompreises an den Anschlussnutzer weiterreicht, da dieser letztlich die Steuerbarkeit seiner Anlagen einräumen muss und dies aller Voraussicht nach nur tun wird, wenn er dafür im Gegenzug einen Flexibilitätsanreiz bekommt.

§ 6 Absatz 4 Satz 1 MsbG sieht für den Fall der Ausübung des Auswahlrechts des Anschlussnehmers bezüglich des Messstellenbetriebs vor, dass das Auswahlrecht des Anschlussnutzers nach § 5 Absatz 1 MsbG nur dann besteht, wenn der Anschlussnehmer in Textform zustimmt. Es ist fraglich, ob es Sinn ergibt, dass diese Regelung auf die Entscheidung des Anschlussnehmers, dass alle hinter dem Hausanschluss liegenden steuerbaren Anlagen gemanagt werden können, übertragbar ist. Wenn man annimmt, dass es zumindest für die Übergangszeit unflexible Einfamilienhauskunden (bei denen also die Rollen Anschlussnehmer und Anschlussnutzer zusammenfallen) geben wird, die nur für einzelne flexible Anlagen hinter dem Hausanschluss eine Steuerbarkeit wählen können, sollte dies vom Grundgedanken her auch auf Mehrfamilienhäuser übertragbar sein. Das heißt, trifft der Anschlussnehmer zunächst die Entscheidung, dass die Anlagen hinter dem Hausanschluss steuerbar sind, können einzelne Anschlussnutzer nach vorheriger schriftlicher Mitteilung gegenüber dem Anschlussnehmer entscheiden, dass seine Anlagen nicht gesteuert werden mögen. Dafür hat er im Gegenzug höhere Netzentgelte als Teil des Strompreises zu zahlen, als diejenigen Mieter (Anschlussnutzer) eines Mehrfamilienhauses, die ihre

¹⁰ s. Pressemitteilung des BSI: https://www.bsi.bund.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Presse2018/Erstes_Smart_Meter_Gateway_zertifiziert_201218.html

Anlagen steuern lassen. Diese Information der Bereitschaft zur Steuerbarkeit müsste nicht nur gegenüber dem Anschlussnehmer und Verteilnetzbetreiber, sondern auch gegenüber dem Stromlieferanten bzw. gegebenenfalls weiteren Rollen wie einem Aggregator transparent gemacht werden.

Handelt es sich um einen Neuanschluss einer Liegenschaft, für die der Anschlussnehmer die Entscheidung trifft, dass die hinter dem Hausanschluss befindlichen Anlagen steuerbar sein sollen und erhält er dafür im Gegenzug eine Reduzierung oder gar einen Erlass der Hausanschlusskosten, sollten die Anschlussnutzer an diese Entscheidung gebunden sein. Das Wissen um die Steuerbarkeit der Anlagen wird Bestandteil seiner Kauf- oder Mietentscheidung sein. Er hat damit die Wahl sich für oder gegen den Vertrag und die damit einhergehende Steuerbarkeit zu entscheiden. Es ergibt aber Sinn über eine Bindungsfrist von beispielsweise fünf Jahren sowohl für den Anschlussnehmer wie auch für den Anschlussnutzer nachzudenken. Nach dieser Zeit kann der Anschlussnehmer sich neu bzw. der Anschlussnutzer sich erstmals entscheiden, ob er auch für die Zukunft eine Steuerbarkeit wünscht.

Im Falle eines Eigentümer- oder Mieterwechsels stellt sich die Frage, ob es eine Art Sonderkündigungsrecht in Bezug auf die Steuerbarkeit der Anlagen geben sollte, falls der zukünftige Anschlussnehmer bzw. Anschlussnutzer sich gegen eine solche entscheiden oder ob nicht auch in diesem Falle die Bindungsfrist von mindestens fünf Jahren fortzuauern sollte. Für letzteres spricht zum einen, dass der Verteilnetzbetreiber sich auf die Entscheidung zumindest für einen gewissen Zeitraum verlassen können muss und auch die Investitionen in die Hardware (Energie-managementsystem, intelligentes Messsystem, Steuerbox) sich nicht rentieren, wenn beispielsweise bereits nach einem Jahr ein Widerruf der Entscheidung zugelassen würde.

Entsprechend zu der Regelung in § 6 Absatz 4 Satz 2 MsbG bliebe auch im Falle der Flexibilitätentscheidung die Freiheit des Anschlussnutzers zur Wahl eines Energielieferanten sowie eines Tarifs zur Energiebelieferung durch die Ausübung des Auswahlrechts des Anschlussnehmers nach Absatz 1 unberührt.

Überdies hat der Gesetzgeber kumulativ bestimmt, dass die steuerbare Verbrauchseinrichtung über einen separaten Zählpunkt verfügen muss.¹¹ Das Erfordernis eines separaten Zählpunkts dürfte i. d. R. bedeuten, dass dort ein eigenes metrologisches Gerät (Zähler) sowie ggf. eine dazu gehörige Kommunikationseinheit verbaut ist.

Dass zwingend ein separater Zählpunkt vorzuhalten ist, ist zunächst einmal verständlich, denn es führt dazu, dass die fragliche steuerbare Verbrauchseinrichtung aus Sicht des elektrischen Gesamtsystems sichtbar ist bzw. gemessen werden kann. Dabei ist davon auszugehen, dass der Gesetzgeber mit der Formulierung „separat“ zugleich seiner Vorstellung Ausdruck geben wollte, dass es sich um einen physischen Zählpunkt (ggf. auch Unterzähler) zu handeln habe. Für diese Interpretation spricht, dass bei Vorhandensein eines physischen Zählpunkts davon auszugehen ist, dass die Menge des Stroms, die durch die unterbrechbare Verbrauchseinrichtung allein verbraucht worden ist, eindeutig bestimmbar ist. Mit dem MsbG hat

¹¹ Zählpunkt ist in der Energiewirtschaft die Bezeichnung für den Punkt, an dem Versorgungsleistungen durch Energielieferanten an Verbraucher geleistet werden. Dem Zählpunkt wird eine eindeutige Bezeichnung, die Zählpunktbezeichnung zugeordnet. Die Vergabe der Bezeichnung wird in Deutschland im deregulierten Energiemarkt nach dem MeteringCode vorgenommen. Ein Zählpunkt kann dabei genau einen Zähler, z. B. den Stromzähler eines Hauses repräsentieren. Es können aber auch mehrere Messstellen zu einem virtuellen Zählpunkt zusammengefasst werden. Dies kann z. B. ein Unternehmen mit mehreren Übergabestellen sein. Die Netzbetreiber verwalten die Lieferbeziehungen zu den verschiedenen Zählpunkten in ihrem Netzgebiet, vgl. u. a. MeteringCode 2006, Ausgabe Mai 2008 vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW).

der Gesetzgeber mit der Messstelle, welche „die Gesamtheit aller Mess-, Steuerungs- und Kommunikationseinrichtungen (...) zur sicheren Anbindung von (...) steuerbaren Lasten an Zählpunkten eines Anschlussnutzers“ umfasst¹², einen neuen Begriff eingeführt, der klarstellt, dass die Verbrauchsanlage nach § 14a EnWG i.d.R. nur ein Teil einer größeren und ggf. auch komplexeren elektrischen Anlage ist, wobei sich deren einzelne Teilsysteme ggf. durch Zählpunkte differenzieren lassen. Mit auf die im MsbG angelegte Entwicklung hin zu “intelligenten Messsystemen” ist diese Sichtweise grundsätzlich verständlich.

In einem Zielsystem 2030 (s. dazu unten ausführlicher) ist gut vorstellbar, dass smartere Instrumente wie ein Energiemanagementsystem (EMS) die Steuerungsfunktion hinter dem Netzanknüpfungspunkt die Steuerung der dahinter liegenden Verbrauchsanlagen, wie im Idealfall neben einem Ladepunkt für Elektromobile, Wärmepumpen, Speicher- und PV-Anlagen, übernehmen. Dass in diesem Falle zwingend jede einzelne Verbrauchsanlage über einen separaten Zähler verfügt (so war es aber möglicher Weise auch seitens des Gesetzgebers nie gemeint), neben dem bis dahin voraussichtlich verbauten intelligenten Messsystemen, wird hier nicht gesehen.

Unterscheidet man zumindest für einen längeren Übergangszeitraum - wie dies in dem BMWi-Projekt „Barometer/Digitale Energiewende“¹³ zwischen

1. Kunden mit unflexiblen Anlagen,
2. Kunden, die überwiegend unflexibel sind, aber einzelne steuerbare Anlagen haben und

¹² Vgl. § 3 Nr. 10 MsbG.

¹³ Vgl. Foliensatz des Projektes, vorgestellt auf der Beiratssitzung am 26.9.2018 im BMWi. Das vollständige Gutachten wird zum Download ab dem 14.12.2018 auf der Website des BMWi bereitgestellt werden.

3. Kunden, deren Anlagen insgesamt steuerbar sind, wird man zumindest für die zweite Kundenfallgruppe zwei Zählpunkte als erforderlich ansehen müssen.

PFLICHTEINBAUFÄLLE

Das MsbG ordnet in § 29 Abs. 1 EnWG die Verwendung von intelligenten Messsystemen auch für die § 14a EnWG-Fälle an. Da eine entsprechende Verordnung bisher noch nicht vorliegt, kommt es auf das individuelle Geschäftsgebaren des Verteilnetzbetreibers an. Hat dieser mit einzelnen Netznutzern Verträge nach § 14a EnWG geschlossen, handelt es sich bei den fraglichen Anlagen um Pflichteinbaufälle nach dem MsbG. Bestehen solche Vereinbarungen nicht, besteht zunächst auch keine Roll-out-Pflicht, obwohl die Anlagen grundsätzlich zu einer netzdienlichen Steuerung geeignet sein mögen. Dies führt dazu, dass bei Anlagen, die mit heutiger Technologie steuerbar sind und bei denen aufgrund der hohen Jahresverbrauchsmengen i.S.d. MsbG zwar intelligente Messsysteme zu verbauen sind, jedoch nicht notwendigerweise zur Steuerung eingesetzt werden müssen. Die intelligenten Messsysteme müssen (vgl. §§ 21, 31 und 35 MsbG) grundsätzlich geeignet sein, netzdienliche Steuerungshandlungen bzw. ein „Wechseln des Schaltprofils“ zu ermöglichen; das MsbG ordnet aber (im Gegensatz zu den Erwartungen zahlreicher Beobachter) nicht an, dass künftig ausschließlich über intelligente Messsysteme zu steuern sei.¹⁴ Der Gesetz-

¹⁴ ermächtigt § 46 Nr. 10 MsbG die Bundesregierung durch Rechtsverordnung ohne Zustimmung des Bundesrats soweit es für ein Funktionieren der Marktkommunikation mit intelligenten Messsystemen oder zur wettbewerblichen Stärkung der Rolle des Messstellenbetreibers erforderlich ist, die „Anforderungen an die kommunikative Einbindung und den Messstellenbetrieb bei unterbrechbaren [sic] hier hat der Gesetzgeber seine eigene Gesetzesanpassung im Wege des MsbG übersehen, es hätte auch hier „steuerbar“ heißen müssen) Verbrauchseinrichtungen nach § 14a EnWG aufzustellen und vorzugeben, dass kommunikative Anbindung und Steuerung ausschließlich über das Smart-Meter-Gateway zu erfolgen haben“. Bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Verordnungsgeber von diesem Recht Gebrauch macht, bleiben Steuerungen, die auf anderen technischen Lösungen beruhen, daher möglich, auch wenn an dem fraglichen

geber war sich also grundsätzlich durchaus der Problematik bewusst, dass der technische Wandel im Messwesen Zeit brauchen würde und hat Möglichkeiten geschaffen, die es erlauben in bestimmten Alt-Fällen zunächst keine Messsysteme einzusetzen. Falls der Verordnungsgeber beabsichtigt, alle heute bekannten bzw. denkbaren Fälle von Schalthandlungen, die auf Geheiß oder Initiative des VNB zustande kommen, in einer noch zu erlassenden Verordnung zu § 14a EnWG zu regeln, wird sich die Frage nach Übergangsregelungen und etwaigen Ausnahmen für Bestandsanlagen erneut stellen. Alternativ könnte der Verordnungsgeber die Vorschrift des § 14a auch als eine im Wesentlichen nach vorne gerichtete Vorschrift begreifen und Bestandsanlagen von bestimmten Pflichten ausnehmen, ohne die Rechtsfolgenseite gleichfalls zu limitieren.¹⁵

HÖCHSTLAST, GLEICHZEITIGKEITSFAKTOR UND KAPAZITÄTSGRENZE

In elektrischen Netzen ist regelmäßig die zeitgleiche Höchstlast, also die zu einem bestimmten Zeitpunkt gemeinsam mit anderen Netznutzern, die an dasselbe (Teil-)Netz angeschlossen sind, „angeforderte“ elektrische Leistung kapazitäts- und damit kostentreibend.¹⁶ Die bezogene elektrische Leistung wird hierbei in Watt (oder bei größeren Lasten auch in kW oder MW) gemessen und ist von der elektrischen Arbeit, welche bspw. in kWh gemessen wird, zu unterscheiden. Zu beachten ist, dass sich die einzelnen Netznutzer bzw. deren Kapazitätsbedarfe „mischen“. D.h. auch wenn ein Hausanschluss grundsätzlich eine Last von 30 kW ermöglicht, ist davon auszugehen, dass diese Kapazität nur höchst selten voll ausgeschöpft wird, da nie

alle elektrischen Verbraucher in einem Haus gleichzeitig betrieben werden. Darüber hinaus wird zwar ein gewisses Parallelverhalten der angeschlossenen Kunden zu beobachten sein, dieses wird aber nicht zu einer vollständigen Überdeckung der Nachfrage führen. D.h. auch wenn es morgens in der Regel eine erkennbare Lastspitze geben wird, weil die meisten angeschlossenen Kunden ihren Tag beginnen, so geschieht dies doch nicht zu ein und demselben Zeitpunkt bzw. „beginnt“ die Nachfrage bestimmter Gewerbebetriebe schon aus rein praktischen Gründen erst nachdem die Haushalte „aufgestanden“ sind. Die so entstehende Durchmischung hat einen potenziell kostensenkenden Effekt in der Netzinfrastruktur, denn die Netzelemente, die den Hausanschlüssen vorgelagert sind (Kabel, Trafos, Leitungen), werden nicht für die Summe der potenziellen Volllast aller angeschlossenen Kunden ausgelegt, sondern auf die zu erwartende zeitgleiche Höchstlast dimensioniert.¹⁷

Dabei ist grundsätzlich davon auszugehen, dass ein existierendes elektrisches Netz eine im Wesentlichen fixe Kapazitätsgrenze hat, die sich aus den technischen Belastungsgrenzen der verbauten Netzelemente¹⁸ ergibt, wobei im Allgemeinen das Element mit der geringsten Kapazität als begrenzender Faktor wirken wird. Ist dies das in der Straße verlegte Kabel bzw. dessen Querschnitt, so wird deutlich, dass eine Kapazitätserweiterung (Verlegung eines weiteren, parallelen Kabels) zwar möglich, aber kostenintensiv und zeitraubend ist.¹⁹ Diese Kapazitätsgrenze lässt sich ggf. durch technische Maßnahmen (bspw. regelbare Trafos etc.) ausweiten und ist darüber hinaus von Umgebungsva-

Zählpunkt ein intelligentes Messsystem installiert worden ist - dies jedenfalls solange und soweit wie keine (bilaterale) Vereinbarung nach § 14a EnWG besteht.

¹⁵ So auch Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.12.

¹⁶ Haubrich, Elektrische Energieversorgungssysteme. Technische und wirtschaftliche Zusammenhänge, 1996.

¹⁷ So auch Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.14.

¹⁸ Auch jenseits der hier als „fix“ bezeichneten Kapazitätsgrenze können Netzelemente theoretisch kurzfristig weiter belastet werden, jedoch nur um den Preis eines höheren Verschleißes bzw. einer kürzeren Lebensdauer.

¹⁹ So auch Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.15.

riablen abhängig (so z. B. die Außentemperatur bei Freileitungen). Ab einer bestimmten zusätzlichen Anforderung an Kapazität aber muss das Netz, wenn eine Steuerung über § 14a EnWG die Lastspitzen und -bedarfe nicht mehr abzufedern vermag, als letzte mögliche Maßnahme ausgebaut werden. Entscheidend kommt es dabei nicht auf den individuellen Bedarf eines einzelnen Kunden, sondern auf den zur gleichen Zeit bestehenden Bedarf der anderen Kunden eines Ortsnetzstranges an. Klar ist jedoch, dass die Möglichkeit bestimmte (in etwas fernerer Zukunft die überwiegende Zahl der) Nachfrager zu steuern, es erlaubt, kapazitätserweiternde Netzausbauten zu unterlassen. Die Steuerung eröffnet die Möglichkeit, Einfluss auf die zeitgleiche Höchstlast zu nehmen, indem durch Schalthandlungen (des VNB) induziert bestimmte zeitlich verlagerbare Verbrauchseinrichtungen ihren Elektrizitätsbedarf nicht im Zeitpunkt der Höchstlast, sondern davor oder danach decken und die Netzinfrastruktur insofern entlasten. Die zuvor skizzierten technischen Zusammenhänge dürften ein wesentlicher Ausgangspunkt für die Überlegungen des Gesetzgebers gewesen sein, mit § 14a EnWG Steuerungspotenziale zu eröffnen.²⁰

Eine rein „lastvermeidende“ Netzsteuerung kann allerdings dort zu kurz greifen, wo ein Elektrizitätssystem durch massive dezentrale Einspeisungen gekennzeichnet ist. Grund dafür ist, dass die (zeitgleiche) Leistung insbesondere der dargebotsgetriebenen Erzeugungsanlagen (hier vor allem die Photovoltaik, aber auch Wind) weniger Durchmischung aufweist, als dies bei der Nachfrage nach Elektrizität der Fall ist.²¹ Es ist davon auszugehen, dass (abgesehen von Verschattungsphänomenen) alle Photovoltaik-Anlagen in

einem bestimmten kleinräumigen Gebiet, wie es z. B. ein Niederspannungsnetz darstellt, gleichzeitig und vergleichsweise gleichmäßig von der Einstrahlung der Sonne betroffen sind und insofern auch mehr oder weniger gleichzeitig ihr Produktionsmaximum erreichen bzw. einen hohen Gleichzeitigkeitsfaktor haben. Mit der sog. Spitzenkappung bzw. 3-Prozent-Regel, welche im Rahmen des Strommarktgesetzes in § 11 Abs. 2 EnWG eingefügt worden ist und welche den VNB erlaubt, Erzeugungsanlagen nach dem EEG zu „kappen“, hat der Gesetzgeber diesem Umstand nunmehr Rechnung gezollt. In solchen Fällen kann sich der traditionelle Stromfluss im Netz umkehren, d. h. die Energie fließt nicht aus den höheren Netzebenen in Richtung der Niederspannung, sondern vielmehr aus der Nieder- oder Mittelspannung in Richtung der höheren Netzebenen (Überspeisung der Netzebene).²² Aufgrund der erhöhten Gleichzeitigkeit und der Tatsache, dass die durchschnittliche Leistung einer Photovoltaik-Dachanlage höher sein kann als die durchschnittliche Nachfragelast eines Haushalts, ergibt sich eine erhöhte Wahrscheinlichkeit dafür, dass kritische Netzelemente überlastet werden.²³ In einem elektrischen System mit stark dezentraler Erzeugungsstruktur kann daher zunehmend und aus wenigstens zwei Gründen ein technisches Interesse an Zuschaltungen bestehen. So kann es, solange die Leistungsfähigkeit des verlegten Kabels nicht der limitierende Faktor ist, hilfreich sein, wenn in unmittelbarer Nähe einer Photovoltaik-Anlage Lasten aktiviert werden können, um die Überlastung eines kritischen Netzelements zu verhindern bzw. Span-

²² Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.18.

²³ Die in das EEG eingefügten Regelungen der §§ 20, 20a adressieren alle mehr oder weniger die hier geschilderte Problematik. Orientiert man den Netzausbau an der möglichen Spitzenlast einer PV-Anlage, auch wenn diese selten erreicht wird, so muss mehr ausgebaut werden, als wenn der Bedarf sich nur an einer häufig tatsächlich erreichten Last (etwa 80 % am Netzverknüpfungspunkt) orientiert.

²⁰ So auch Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.16 (.

²¹ Vgl. Angenendt/Boesche/Franz, RdE 2011, 117; Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.17.

nungsprobleme zu mildern. Ein koordiniertes Zuschalten kann zudem auch notwendig sein, um zu verhindern, dass alle Anlagen, die zuvor einem bestimmten „Abschaltkommando“ genügt haben, zeitgleich und somit ggf. kapazitätstreibend wieder in das Netz zurückkehren. Manche Unzulänglichkeiten, die zuvor mit dem Begriff der Unterbrechbarkeit begleitet, von Ausführungen des Gesetzgebers lediglich zur Abschaltbarkeit (und nicht zur Zuschaltbarkeit) der Verbrauchsanlagen in der ursprünglichen Gesetzesbegründung verbunden waren, dürften auf der begrifflichen Ebene durch den auch die gesteuerte Zuschaltung behoben sein. Man wird daher zu dem Ergebnis kommen müssen und sollte dies auch in einer Verordnung zu § 14a anlegen, dass das notwendige Spiegelbild einer koordinierten, das Netz entlastenden Ab- oder Zuschaltung immer eine ebenfalls koordinierte oder zumindest moderierte, jedenfalls aber nicht rein spontane Wiederzu- bzw. -abschaltung sein muss.²⁴ Wird dies „wettbewerblich“ begleitet durch variable Tarife im Sinne von § 40 Abs. 5 EnWG, können solche Angebote zu einer intelligenten Netzauslastung beitragen, indem bspw. die Stromabnahme zu windstarken Zeiten belohnt wird.²⁵

ELEKTROMOBIL ALS STEUERBARE „LAST“

In § 14a Satz 2 EnWG wird definiert, dass im Sinne der Vorschrift auch Elektromobile als steuerbare Verbrauchseinrichtung „gelten“. Im Sinne der Ladesäulenverordnung ist nach § 2 Nr. 1 ein Elektromobil ein reines Batterie-Elektromobil oder ein von außen aufladbares Hybrid-Elektromobil der Klassen M1 und N1 im Sinne des Anhangs II Teil A der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5.9.2007 zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und

selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge (Rahmenrichtlinie).²⁶ Adressiert sind also die genannten Fahrzeuge, die zumindest zeitweise zum Zwecke der Wiederaufladung ihrer Batterie – mithin eines elektrischen Speichers einer gewissen Größe – mit dem elektrischen Netz verbunden werden und in dieser Funktion als steuerbare Verbrauchseinrichtung im Sinne von Satz 1 gelten. Es handelt sich folglich um eine gesetzliche Vermutungsregel, die, jedenfalls soweit und solange keine verordnungsrechtliche Qualifikation dieser Regelung erfolgt, dazu führen soll, dass alle Fahrzeuge, die die Fähigkeit zu einer externen Beladung mit Elektrizität aus dem Netz der öffentlichen Versorgung haben, in den Genuss verminderter Netzentgelte kommen.

Der Gesetzgeber formuliert hier also eine gesetzliche Fiktion, die ohne weitere, klarstellende Regelungen in einer Verordnung dazu führt, dass Elektromobile grundsätzlich als steuerbare Verbrauchseinrichtungen anzusehen sind und zwar unabhängig davon, ob die Fahrzeuge bzw. die von diesen genutzten Ladeinfrastrukturen tatsächlich gesteuert werden können oder nicht. Tatsächlich wird je nach technischem Beladungskonzept die eigentliche Fähigkeit, den Ladevorgang zu moderieren, eher in der Ladeinfrastruktur angesiedelt sein. Es fragt sich daher, ob der Begriff des „Elektromobils“ als Adressat nicht zu unscharf ist, da eigentlich der Betreiber des Ladepunktes adressiert ist. Der Vertrag zur Abwicklung der Steuerungshandlung (netzdienliche Flexibilität) besteht zwischen dem Verteilnetzbetreiber bzw. einem Dritten und dem Ladepunktbetreiber (= Verbrauchseinrichtung). Vertragspartner wird daher sinnvoller Weise nicht das einzelne Fahrzeug sein, sondern der Betreiber der

²⁴ Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.18.

²⁵ BT-Drs. 17/6072, S. 73 f.

²⁶ ABI. L 263 vom 9.10.2007, S. 1, die zuletzt durch die Richtlinie 2013/15/EU (ABI. L 158 vom 10.6.2013, S. 172) geändert worden ist; Fahrzeuge der Klasse N2 im Sinne des Anhangs II Teil A der Richtlinie 2007/46/EG sind umfasst, soweit sie im Inland mit der Fahrerlaubnis der Klasse B geführt werden dürfen,

Ladeeinrichtung, auch wenn der Ladepunktbetreiber im Falle einer Lasterhöhung (also Zuschaltung) das Fahrzeug benötigt, damit überhaupt ein Verbrauch stattfinden kann, der gesteuert werden kann. Der VNB bzw. der Dritte kennt aber nur den Ladepunktbetreiber als „statische Einrichtung“. Die „vagabundierenden“ (s.u.) Fahrzeugnutzer (Firmenfahrzeuge eines Betriebes, Nutzer einer öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtung in einem Parkhaus, auf einem Parkplatz) sind ihm unbekannt. Selbst in den Fällen, in denen der Ladepunktbetreiber und Fahrzeugnutzer in einer Person zusammenfallen, wie das in den Fällen eines Einfamilienhauses ist, ist das tatsächlich angeschlossene Fahrzeug unerheblich (z.B. Privat- oder Dienstwagen, Gäste). In allen Fällen ist folglich für den Verteilnetzbetreiber der Fahrzeugnutzer irrelevant, er kennt ihn nicht, kann ihn auch nicht kennen und braucht ihn auch nicht zu kennen.²⁷

Selbst in den Fällen, in denen sich der Zähler im Kabel befindet („vagabundierende Messstelle“), gibt es keine 1:1-Verknüpfung zwischen Fahrzeug und Kabel, so dass selbst diese Ausnahme nicht wirklich trägt. Von diesem Spezialfall abgesehen, kann der VNB/Dritte nur den Ladepunkt steuern (Zuschalten, Abschalten, Drosseln des Ladevorgangs) bzw. durch einen Lieferanten steuern lassen. Unabhängig davon bleibt die Option, Fahrzeugnutzern, die einen Ladepunkt reservieren wollen, Signale darüber zu senden, ob es sich um einen preislich günstigeren oder weniger günstigeren Lademoment handelt. Dies ist aber für das eigentliche Steuern, also die Eingriffshandlungen des § 14a EnWG irrelevant. Der Fahrzeugnutzer bleibt, wie der Gast eines Haushaltskunden, energiewirtschaftsrechtlich unsichtbar. Würden tatsächlich „Doppelverträge“ gefordert (ein Vertrag zwischen dem VNB bzw. einem Dritten und dem Ladepunktbetreiber und

ein Vertrag zwischen dem VNB/Dritten und dem Fahrzeugnutzer über die Laststeuerung, also zwei Verträge über den gleichen Vertragsinhalt), würde bei der Steuerung ein unlösbarer Konflikt der Zuständigkeiten im konkreten Steuerungsfall aufgrund dieser Doppelverträge auftreten.²⁸

Um derartige Konflikte zu vermeiden, wäre eine Klarstellung in der geplanten § 14a-EnWG Rechtsverordnung (Lastmanagement-VO) angezeigt, wonach deutlich gemacht wird, dass in Einklang mit § 3 Nr. 25 EnWG und § 2 Nr. 3, 2. Hs. MsbG („für den Betrieb von Ladepunkten zur Versorgung von Elektromobilitätsnutzern beziehen“) Letztverbraucher im Sinne der RVO nur der Ladepunktbetreiber ist. Bei der nächsten Gesetzesänderung, die Auswirkungen auch auf das EnWG hat, könnte in der Fiktion des § 14a Satz 2 EnWG klargestellt werden, dass die „Ladepunkte für Elektromobile“ adressiert sind. Insofern wird bezüglich der tatsächlichen Verortung der technischen Einrichtung, die eine Steuerbarkeit im Sinne eines gedrosselten Aufladens sicherstellt, eine erste klarstellende Formulierung in der zu erlassenden Verordnung empfohlen. D. h. eine Entgeltreduktion sollte auch an der Steuerbarkeit der Ladeinfrastruktur festgemacht werden können.²⁹

Nach diesem Verständnis müsste die Entgeltreduzierung dem Ladepunkt-Betreiber (Charge Point Operator - CPO) zukommen. Dieser erhält die reduzierten Entgelte beim Zusammenfallen des Ladepunktbetreibers mit dem Anschlussnutzer direkt oder würde sie etwa in den Fällen des halböffentlichen Ladens mit längeren Standzeiten über den Elektromobilitätsprovider (EMP) an den Fahrzeugnutzer weitergeben. Dabei ergibt es Sinn, dass der Fahrzeughalter und nicht der jeweilige Fahr-

²⁷ Vgl. Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.20.

²⁸ Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.22.

²⁹ So auch Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.23

zeugnutzer sozusagen als Belohnung für seine Teilnahme an der Laststeuerung ein reduziertes Ladeinfrastrukturnutzungs-Entgelt zu entrichten hat. Dies ist aber als Teil des Preismanagements des EMP nicht zwingend. Es bedarf daher dringend einer Schärfung, dass eigentlich der Ladepunktbetreiber für die in § 14a EnWG adressierte Steuerung von Elektromobilen der eigentliche Adressat für die Fiktion ist.

Bei einer Drosselung/Abschaltung sollte gewährleistet sein, dass eine Mindestleistung von bspw. 5 kW dem Fahrzeugnutzer garantiert wird. D.h., kehrt er mit seinem Fahrzeug am Abend nach Hause und geht man davon aus, dass das Fahrzeug nicht ohnehin vom Ladevorgang beim Arbeitgeber noch nahezu voll geladen ist, sondern, dass es eine längere Fahrstrecke hinter sich hat, wird man ihm vertraglich garantieren müssen, dass unter allen sonst beim Anschlussnutzer vorhandenen gesteuerten Verbrauchsanlagen (wie Wärmepumpe, Speicheranlage und/oder PV) zunächst sein Fahrzeug auf den SOC geladen wird.

Ausweislich der ursprünglichen Gesetzesbegründung hat der Gesetzgeber mit der Fiktion zugunsten der Elektromobile eine Klarstellung beabsichtigt, der zudem eine besondere Wichtigkeit beigemessen wird.³⁰ Diese liegt nach Ansicht des Gesetzgebers zum einen in dem nicht unerheblichen netzentlastenden Potenzial der Elektromobile begründet, zum anderen wird die Gefahr gesehen, dass in besonderen Situationen das Niederspannungsnetz in Einzelbereichen durch gleichzeitiges Aufladen einer Mehrzahl von Elektromobilen an seine Leistungsgrenzen gebracht werden könne, was eine intelligente Steuerung notwendig mache. Schließlich wird angeführt, dass Elektromobile nicht unter die begünstigende Regelung des § 118 EnWG für ortsfeste Speicheranlagen fallen und insofern nicht in

den Genuss der dort formulierten Aussetzung der Erhebung von Netzentgelten bei "neuen" Speicheranlagen kommen.³¹

Durch § 14a Satz 3, 4 EnWG wird die Bundesregierung zunächst ermächtigt, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates die Verpflichtung für Betreiber von Elektrizitätsverteilernetzen aus § 14a Satz 1 und 2 zu konkretisieren. Diese Möglichkeit, konkretisierende Vorschriften zu erlassen, zielt insbesondere auf einen Rahmen für die Reduzierung von Netzentgelten sowie die vertragliche Ausgestaltung der entsprechenden Vereinbarungen zwischen Netzbetreibern, Lieferanten und ggf. Letztverbrauchern.

Schaut man auf die Vertragsverhältnisse in den Anwendungsfällen des §14a EnWG, so gibt es immer wenigstens drei Beteiligte, deren Absicht und Handeln miteinander koordiniert werden muss. Dies sind der Netzbetreiber, der Letztverbraucher sowie dessen Lieferant. Dies gilt wohlgedemert auch dann, wenn der Letztverbraucher selbst einen Netznutzungsvertrag mit dem Netz abgeschlossen hat, da es sich in diesem Fall häufig um einen leistungsgemessenen Kunden handelt, dessen Lieferant nicht bereit sein wird, eventuelle Bilanzabweichungen, die aus den Schalthandlungen resultieren, zu tragen. Ebenso kann ein Lieferant, der den Netznutzungsvertrag hält, entsprechende Schaltpotenziale nur heben, in dem er sich an Letztverbraucher wendet, die sog. eingerohte Verträge haben, um dort entsprechende Anlagen so technisch auszustatten, dass es möglich wird, diese zu schalten oder zu unterbrechen.³²

³⁰ Vgl. hierzu und zu den folgenden Erwägungen BT-Drs.17/6072, S. 73 f.

³¹ Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.24.

³² Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.29.

Für Lieferanten gibt die Vorschrift die Möglichkeit zu einer besseren Integration unterbrechbarer Verbrauchseinrichtungen in ein attraktives Tarifangebot. Die Netzentgeltreduzierung soll/kann dazu führen, dass Verbrauchern mit unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen besonders attraktive Vertragsangebote über die Belieferung von Strom gemacht werden können. Steuerungshandlungen im Sinne der Vorschrift haben sich in der Regel zu beschränken auf Abschaltungen und Reduzierungen bei der Leistungsaufnahme in Fällen fehlender Durchleitungskapazitäten. Diese Möglichkeit für Lieferanten wird durch das MsbG insofern unterstützt, als der Gesetzgeber für Anlagen nach § 14a EnWG (unabhängig von dem jeweiligen Jahresstromverbrauch) eine Bilanzierung im Wege der Zählerstandsgangmessung, d.h. in 1/4h-Zeitscheiben vorgegeben hat (vgl. § 55 Abs. 1 Nr. 3 MsbG i. V. m. §12 und § 18 StromNZV). Diese genaue Nachverfolgung der tatsächlichen Verbrauchsmengen löst die bisherige profil-orientierte Belieferung solcher Anlagen in Niederspannung ab und ermöglicht und erfordert grundsätzlich eine an den tatsächlichen Verbräuchen orientierte Beschaffung der Elektrizität. Diese wiederum ist aber der Schlüssel zu jeglicher Art von Belieferung, die sich stärker an den tatsächlichen Gegebenheiten auf dem Elektrizitätsmarkt orientiert. Mithin steigt das Prognoserisiko aus Sicht der Lieferanten.³³

Es ist davon auszugehen, dass - wenngleich die Begründung zu § 14a keinerlei Hinweise zu diesem Fragekomplex enthält - der Gesetzgeber hier davon ausgegangen ist, dass die Intensität des Wettbewerbs zwischen den Lieferanten im Allgemeinen inzwischen hoch genug ist, um aus Sicht der betroffenen Kunden nachteilige Arrangements gar nicht erst entstehen zu lassen oder relativ schnell wie-

³³ Damit sind die gesetzlichen Voraussetzungen für variable Stromprodukte geschaffen. Ob diese sich aber im Zeitablauf auch als zum wirtschaftlichen Vorteil der Lieferanten und Letztverbraucher erweisen werden, bleibt abzuwarten.

der vom Markt zu verdrängen. Für ein „Einkalkulieren“ der wettbewerblichen Wirkungen durch den Gesetzgeber bzw. einen bewussten Versuch, durch die Regelung den Wettbewerb in bestimmten Segmenten durch die Regelung zu beleben, spricht nicht zuletzt, dass die Begründung sehr wohl davon spricht, dass die „Netzentgeltreduzierung (...) dazu führen (soll), dass Verbrauchern mit steuerbaren Verbrauchseinrichtungen besonders interessante Verträge über die Belieferung von Strom angeboten werden können.“

Zunächst sah der Referentenentwurf der ursprünglichen Fassung des § 14a EnWG vor, dass die Steuerung der Anlagen für einen „längeren Zeitraum“ einzuräumen ist. Diese Vorgabe ist in den endgültigen Gesetzestext nicht aufgenommen worden - wohl um Missverständnisse zu verhindern, allzu große Hoffnungen der Lieferanten zu bremsen, vor allem aber um deutlich zu machen, dass das Kartellrecht nicht ausgehebelt werden soll. In der Vergangenheit war verschiedentlich beklagt worden, dass gerade Wärmekunden sich keinem ausreichenden Angebot an möglichen Belieferungen gegenübersehen.³⁴ § 14a EnWG könnte nun Abhilfe schaffen für diese, wie vergleichbare Anlagen.

Auch, wenn die Gestaltung der Rechtsverhältnisse zwischen den Beteiligten derzeit noch unklar erscheint und vom Gesetzgeber bewusst einer detaillierten Regelung im Rahmen der zu erlassenden Verordnung überlassen worden ist, trifft § 14a EnWG doch schon eine Reihe von relevanten, und das sich abzeichnende Regime prägenden, Vorentscheidungen.

³⁴ Vgl. bspw. BT-Drs. 16/13354 „Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Gudrun Kopp, Michael Kauch, Jens Ackermann, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP - Drucksache 16/13239 - in der ebenfalls davon die Rede ist, dass „Ein Wechsel des Stromlieferanten für Letztverbraucher grundsätzlich möglich (ist), jedoch für „Wärmespeicherstrom“ (sog. Nachtstromspeicherheizungen) und Wärmepumpenstrom oftmals aus Mangel an entsprechenden Angeboten nicht realisierbar“, ebenda S. 2.

In der Rechtsverordnungsermächtigung (Satz 3) ist durch die Novelle von 2016 präzise ausformuliert worden, dass zur Konkretisierung der Sätze 1 und 2 „Steuerungshandlungen zu benennen“ sind, „die dem Netzbetreiber vorbehalten sind, und Steuerungshandlungen zu benennen“ sind, „die Dritten, insbesondere dem Lieferanten, vorbehalten sind.“ Eine Klassifizierung in „direkt“ und „indirekt“, wie in der ursprünglichen Fassung, wird an dieser Stelle nicht mehr vorgenommen. Mit Blick auf die heute Anwendung findenden Tonfrequenz-Rundsteuerungen kann festgestellt werden, dass diese zumeist entweder durch den Netzbetreiber selbst oder durch eine vom Netzbetreiber beauftragte (Netzservice-)Gesellschaft betrieben werden. Insofern ist der Fall, dass ein Dritter auf Geheiß des Netzbetreibers die Steuerung durchführt, auch jetzt schon keinesfalls unüblich.

Da nicht davon auszugehen ist, dass die Letztverbraucher immer zugegen sind, wenn ihre Verbrauchseinrichtungen Elektrizität aus dem Netz entnehmen und damit Lastspitzen verursachen können, wird eine automatische unter Einsatz des intelligenten Messsystems (iMSys) jedenfalls dann der Regelfall sein, wenn der Ordnungsgeber eine entsprechende Regelung erlässt. An den VNB wie an den Dritten werden bestimmte technische Mindestanforderungen zu stellen sein. Diese betreffen einerseits die Schalteinrichtung selbst, aber auch deren kommunikative Anbindung. Allerdings hat der Gesetzgeber davon abgesehen, in den letzten Novellen des EnWG und EEG sowie im MsbG eine Steuerung über das intelligente Messsystem zur allein möglichen Alternative zu bestimmen. Vielmehr scheinen die Vorschriften mit Blick auf den Regelungskomplex Steuerung von der Erkenntnis geprägt zu sein, dass sich hier noch viele Detailfragen stellen.³⁵

³⁵ Hinzuzuweisen ist auch darauf, dass die BSI TR 3109-1 als wesentliches technisches Dokument zum intelligenten Messsystem, welches durch das MsbG verrechtlicht wurde, den Anwendungsfall „steuern“ derzeit (noch) nicht regelt bzw. bestimmte Regelungen eine sinnvolle Umsetzung der

Welche Konsequenzen ergeben sich nun, falls um die Nutzung der Flexibilität zwischen den VNB und anderen wirtschaftlichen Akteuren Konkurrenz besteht? Hierzu kann festgestellt werden, dass auf Seiten der Lieferanten und Letztverbraucher mit Netznutzungsvertrag kein Kontrahierungszwang besteht.³⁶ D.h. entsprechende Potenziale zur Netzentlastung können dem VNB angedient werden, müssen dies aber nicht. Vor diesem Hintergrund wird davon auszugehen sein, dass eine an den VNB kontrahierte Flexibilität zunächst auch (nur) in dessen Zugriff ist. Dies muss aber nicht heißen, dass sie damit jeder anderen möglichen Nutzung entzogen sind, denn der VNB wird sich gezwungen sehen, mit einigem Vorlauf seine Eingriffe bzw. Restriktionen in zeitlicher Hinsicht aber auch in anderen Dimensionen zu benennen. Zugleich müssen die Eingriffe des VNB auch einem Maximum unterfallen, d. h. das Netz muss auch in Zukunft ausgebaut werden, wenn bestimmte Engpässe den Nutzen der Letztverbraucher aus der Netznutzung zu stark einzuschränken beginnen.³⁷

Anzunehmen ist daher, dass außerhalb der Steuerung durch den Netzbetreiber zumindest bei einem Teil der Anlagen Potenzial zu einer marktlich optimierten Steuerung verbleibt, die explizit vom Gesetzgeber gewünscht wird. Diese wird aber notwendigerweise wiederum Rücksicht auf gewisse Restriktionen seitens der VNB nehmen müssen, denn es kann nicht zielführend sein, zunächst Potenziale zur netzentlastenden Steuerung von Verbrauchsanlagen zu kontrahieren, nur

Steuerung über das intelligente Messsystem noch verhindern. Bspw. kann aktuell nicht sichergestellt werden, dass ein Schaltsignal, welches durch den gesicherten Kanal (TLS) des intelligenten Messsystems übertragen wurde, und dem eine technische Einrichtung in der Kundenanlage Folge leistet, auch gleichzeitig dazu führt, dass ein Wechsel der Tarifierung im intelligenten Messsystem erfolgt.

³⁶ Vgl. Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.38.

³⁷ So auch Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl., 2019 § 14 Rn.30.

um dann das Netz doch ausbauen zu müssen, wenn das Steuerungspotenzial kommerziell so eingesetzt wird, dass der Netzausbau doch unvermeidlich wird.

AUSDEHNUNG AUF ERZEUGUNGSANLAGEN

Angezeigt erscheint, die in § 14a EnWG bislang vorgesehene Beschränkung auf „Verbrauchseinrichtungen“ zukünftig auszudehnen auf Erzeugungsanlagen. Nur so lassen sich in einer etwas fernerer Zukunft PV-Anlagen einerseits und Verbrauchsanlagen wie Wärmepumpen, Ladeeinrichtungen und Speicheranlagen andererseits optimiert steuern. Dazu passt, dass der Gesetzgeber auch für neu an das elektrische Netz anzuschließende Erzeugungsanlagen mit einer Leistung von mehr als 7 kW nach § 29 Abs. 1 Nr. 2 MsbG eine Anbindung an ein intelligentes Messsystem verlangt. Diese Regelung, die sich wortgleich zuvor in § 21c Abs. 3 EnWG a.F. fand, bestand ausweislich der damaligen Gesetzesbegründung, da „sie (. . .) dem Betreiber des Verteilernetzes wichtige Daten liefern (kann), aus denen sich Belastungszustände des Netzes herleiten lassen, was zu einem optimierten Netzbetrieb beitragen kann.“³⁸ Der Gesetzgeber versteht die Vorschrift denn auch als eine notwendige Ergänzung des im EEG angelegten Eigenverbrauchsprivilegs und als einen wichtigen Wegbereiter für eine standardisierte, massengeschäftstaugliche Kommunikation in Bezug auf Kleinerzeugungsanlagen.³⁹ Zu bedenken ist bei einer Ausdehnung des § 14a EnWG allerdings, dass die Erzeuger im heutigen Marktmodell keine Netzentgelte zahlen; also durch ein reduziertes Entgelt keine Vorteile zu erwarten hätten.⁴⁰ Dies könnte ein weiterer Grund dafür sein, statt einer echten Netzentgeltreduktion, die Verbrauchsanla-

gen über Flexibilitätsprämien zu adressieren (s. dazu sogleich).

AUSDEHNUNG AUF MITTELSPANNUNGS EBENE

Eine weitere Ausdehnung des Wortlauts erscheint angezeigt: Beschränkt sich diese bislang explizit auf das Niederspannungsnetz, erscheint zukünftig ein Erfassen auch der Verbrauchs- und Erzeugungsanlagen der Mittelspannungsebene angezeigt. Die bisherige Beschränkung auf die Niederspannungsebene ist einerseits verständlich, da viele heute existierende unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen (vor allem Wärmeanwendungen) bei kleinen und kleinsten Letztverbrauchern verbaut sind, die wiederum häufig in der Niederspannung an das elektrische Netz angeschlossen sind. Andererseits ist festzustellen, dass der Nutzen, den ein Netzbetreiber aus der Steuerbarkeit einer Verbrauchseinrichtung ziehen kann, mit deren Größe (genauer ihrer Last im Zeitpunkt der Höchstlast) wächst. Größere Verbraucher haben, wenn sie prinzipiell unterbrechbar sind, mithin auch ein größeres Potenzial zur Netzentlastung.⁴¹

Mit Blick auf sehr große Einheiten (Industriebetriebe etc.), die direkt an das Übertragungsnetz oder das unterlagerte 110-kV-Netz angeschlossen sind, muss mit Blick auf § 13 Abs. 1 Nr. 2 EnWG (marktbezogene Maßnahmen) aber festgestellt werden, dass diese ihr Abschaltpotenzial ggf. bereits an einen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) kontrahiert haben.⁴² Insofern hat der Gesetzgeber in der Kombination der Vorschriften gewissermaßen eine Vorentscheidung dergestalt getroffen, dass das größeren Lasten ggf. innewohnende Potenzial eher den ÜNB „zugewiesen“ wird bzw. zunächst von diesen für die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Elek-

³⁸ Vgl. BT-Drs.17/6072, S. 79.

³⁹ Vgl. BT-Drs.17/6072, ebenda.

⁴⁰ Ob es ggf. auch negative Entgelte geben könnte und ob diese als Reduktion eines Entgelts von Null gelten könnten, soll an dieser Stelle zunächst nicht diskutiert werden.

⁴¹ So Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.48 sowie in den Voraufgaben.

⁴² Vgl. hierzu auch Eckpunktepapier „Redispatch“ BK6-11-098.

trizitätsversorgungssystem genutzt werden können soll. Zu fragen ist folglich, ob in der Mittelspannung Potenziale verbleiben, die bisher noch nicht adressiert wurden, was zu bejahen sein wird.⁴³

RELEVANTE ANWENDUNGSFÄLLE DES § 14A ENWG IN BEZUG AUF ELEKTROMOBILITÄT

Unter den Mitgliedern der von der Verfasserin geleiteten Task Force Lastmanagement⁴⁴ besteht Einigkeit, dass das private Laden (Laden zu Hause über Nacht und beim Arbeitgeber am Tag) im Fokus eines gesteuerten, lastspitzenvermeidenden Ladens und dem damit im Zusammenhang stehenden Strombezug aus EE-Anlagen unter Vermeidung von hohen Abschaltquoten steht. Daneben eignen sich durchaus auch manche Konstellationen des öffentlichen Ladens, allerdings in erster Linie nur in den Ausgestaltungen, welche vor Aufnahme der Definition des öffentlich zugänglichen Ladepunktes durch die Ladesäulenverordnung (§ 2 Ziff. 7 LSV) als „halböffentlich“ bezeichnet wurden, und zwar nur die Fälle, in denen es zu längeren Standzeiten kommt. Gemeint ist das Laden an öffentlich zugänglichen Ladepunkten mit längeren Standzeiten in Parkhäusern, am Flughafen, an Bahnhöfen, an der Laterne über Nacht (letzteres unterfällt dem öffentlichen Laden). Diese taugen für die Abfederung der Mittags- und Abendpeaks für eine Teilnahme am Lastmanagement. Grundsätzlich ergibt es daher Sinn in Bezug auf das Lastmanagement zu unterscheiden zwischen kurzen Standzeiten mit kurzen Ladezeiten im öffentlichen Straßenraum (mit höherem Tarif), die nicht bzw. nur sehr begrenzt relevant sind für ein gesteuertes Lastmanagement und längeren/langen Stand- und Ladezeiten, auf denen der

Schwerpunkt eines gesteuerten Ladens liegt. In den letzteren Fällen ist es irrelevant, ob es sich um öffentlich zugängliche oder private Ladepunkte im Sinne der LSV handelt. Die Nutzung solcher Ladepunkte könnte über attraktive Tarife zusätzlich angereizt werden.

Lange Stand-/Ladezeiten = Schwerpunkt für Lastmanagement	
Öffentliche zugängliche Ladepunkte („halböffentlich“)	Private Ladepunkte
Laden für viele Stunden am Tag und ggf. auch über Nacht in Parkhäusern, am Flughafen, an Bahnhöfen, an der Laterne über Nacht, auf Hotelparkplätzen	Laden zu Hause („über Nacht“), Laden beim Arbeitgeber („Laden am Tag“)

Graphik: Dr. Katharina Vera Boesche

SKIZZIERUNG EINES MÖGLICHEN ZIELMODELLS FÜR DAS JAHR 2030 Zielsetzung

Im Folgenden wird ein, seitens der überwiegenden Anzahl der Mitglieder der Task Force Lastmanagement des Förderprojektes „IKT für Elektromobilität“⁴⁵ für sinnvoll erachtetes, Zielmodell eines Kundensystems ab dem Kalenderjahr 2030 beschrieben, in dem Szenarien für die Ausgestaltung einer Anreizwirkung in Anlehnung an den heutigen §14a EnWG entwickelt wurden.⁴⁶ Das Kalenderjahr 2030 wurde ausgewählt, um frei von aktuel-

⁴³ Vgl. Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.49.

⁴⁴ Die Task Force Lastmanagement ist eine Untergruppe der von der Verf. geleiteten Fachgruppe Recht der Begleitforschung des Förderprojektes des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie „IKT für Elektromobilität III“ (www.ikt-em.de).

⁴⁵ Die Task Force Lastmanagement ist eine Untergruppe der Fachgruppe Recht des Förderprojektes des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie „IKT für Elektromobilität“, www.ikt-em.de.

⁴⁶ Das Zielmodell eines Kundensystems wurde von den Mitgliedern der AG 1 der zuvor genannten Task Force entwickelt, diese sind Herr Gunnar Bärwaldt (VW), Herr Michael Tomaszuk (EWE Netzvertrieb), Herr Michael Westerburg (EWE Netz) und die Verfasserin.

len Restriktionen bezüglich der Verfügbarkeit technischer Komponenten bzw. gesetzlicher Vorgaben zu agieren. Selbstverständlich können die folgenden Ausführungen auch für einen früheren Zeitpunkt zutreffen.

Notwendigkeit eines Managements von Ladevorgängen

Mit zunehmender Marktdurchdringung der Elektromobilität im Privatkundensektor steigt auch gleichzeitig der Wunsch bzw. Bedarf nach Lademöglichkeiten auf dem eigenen Grundstück. Wallboxen für den Privatkundenbereich erreichen heute Leistungsstufen von bis zu 22 kW. Aktuell erfolgt der überwiegende Anteil der Ladevorgänge an Ladepunkten im privaten Umfeld oder beim Arbeitgeber. Verteilnetze in Deutschland sind i. d. R. jedoch auf die haushaltsübliche Nutzung ausgelegt, bei der Elektromobilität noch keine Berücksichtigung findet. Der Leistungsbezug für Ladevorgänge erstreckt sich konstant über die komplette Dauer des Ladevorgangs. Dieser Vorgang kann bis zu mehreren Stunden andauern. Die gleichzeitige Leistungsbeanspruchung durch eine Mehrzahl von Wallboxen in einem Straßenzug könnte zur Folge haben, dass Netzausbaumaßnahmen erfolgen müssen. Damit verbundene Investitionen würden über die Netzentgelte auf alle Kunden im jeweiligen Netzgebiet umgelegt werden. Dies würde die Verursachungsgerechtigkeit in Frage stellen.

Eine kostensenkende Abhilfe könnte hier der Einsatz von Technologien zum Managen von Ladevorgängen schaffen. Im privaten Umfeld besteht i. d. R. genügend zeitliche Flexibilität (ist immer dann gegeben, wenn die Standzeit größer ist als die erforderliche Ladezeit), um z. B. den täglichen Energiebedarf beim Laden eines Elektrofahrzeuges netzdienlich zu gestalten.

Vor dem Hintergrund, dass in zahlreichen Großstädten ein Fahrverbot für Fahrzeuge mit älteren Verbrennungsmotoren verhan-

delt wird, wird im Gewerbekundensektor ebenfalls mit einem steigenden Einsatz von Elektrofahrzeugen gerechnet. Im Gegensatz zum Privatkundensektor werden die Netzan schlüsse für Gewerbekunden, wie z. B. dem öffentlichen Personennahverkehr maßgeschneidert an die Bedürfnisse des jeweiligen Kunden errichtet. D. h. die erforderliche Leistung in kW wird i. d. R. durchgängig als feste Kapazität zugesichert und bereitgestellt. Eine externe Beeinflussung der Leistung wäre hier mit komplexen Restriktionen verbunden; so müssten die Produktions- bzw. Betriebsprozesse berücksichtigt werden, um extreme wirtschaftliche Auswirkungen zu vermeiden. Einzig, um einen drohenden Blackout zu vermeiden, wäre eine externe Beeinflussung durch den VNB die letzte Maßnahme. Selbstverständlich würde die Möglichkeit demjenigen Gewerbekunden offenstehen, seine „Lasten“ managen zu lassen, dessen betriebliche Vorgänge dies zulassen. Diese Kunden könnten sich am Flexibilitätsmarkt beteiligen und dort ihre Kapazitäten anbieten. Bislang ist durch § 14 EnWG nur die Niederspannungsebene adressiert. Zukünftig ist auch eine Einbeziehung der Mittelspannungsebene und damit eine Adressierung nicht nur kleiner Gewerbekunden denkbar (s. dazu das Kapitel zum Anwendungsbereich).

Vorteile eines externen Managements von Ladevorgängen

Bis 2030 würden nicht nur die Netzausbaukosten bei einer angenommenen Steuerbarkeit als Regelfall reduziert, sondern auch das Ziel erreicht werden, die Aufnahmeverträglichkeit der Erneuerbaren Energien zu steigern und damit die Einspeisemanagementmaßnahmen zu reduzieren. Von einer Reduzierung der EEG-Umlage würden alle Kunden profitieren. Erreicht werden kann dies durch intelligente Lösungen zur externen Beeinflussung von flexiblen, fernsteuerbaren (d.h. durch digitale Signale erreichbare) Verbrauchseinrichtungen und Energiespeichern.

Die Zunahme extern beeinflussbarer Anlagen bringt sowohl für den Verteilnetzbetreiber echte Vorteile (Abfederung von Lastspitzen, bessere Prognosen, reduzierter Netzausbau) als auch für die Stromvertriebe, durch die Schaffung weiterer Flexibilitätsoptionen, neuer Kundenprodukte und damit insgesamt einen volkswirtschaftlichen Mehrwert.

Ab einer Massenmarktdurchdringung sollte die intelligente Steuerung etabliert sein, vor allem wenn steuerbare Verbrauchseinrichtungen durch Marktsignale bzw. Preistabellen der Stromvertriebe im Schwarm gleichzeitig ein- oder ausspeisen. Dadurch, dass mehr Flexibilität in den Markt kommt, wird der Markt insgesamt größer (intrinsisch). Darin liegt die Chance für die Stromvertriebe. Vor der Erreichung dieser Marktdurchdringung, kann es trotzdem zu „Hotspots“ und somit zu lokalen Netzengpässen („Zahnarzt-Allee“⁴⁷) kommen.

Der Komfortgewinn des Ladens zu Hause statt an einer öffentlichen Tankstelle ist Kunden gegenüber zu kommunizieren. Auch müssten seitens der Energievertriebe die Kunden über die Auswirkungen auf die Netzentgelte einer rein marktgesteuerten Ladesteuerung oder einer jederzeitigen, dauerhaften Verfügbarkeit von Ladeleistungen bis 22 kW an jedem Haushaltsanschluss aufgeklärt werden. Dies käme einer Verx-fachung des heutigen Verteilnetzes gleich. Dem Kunden ist auch zu verdeutlichen, dass er von einem Management seiner Anlagen nichts spürt, da dies automatisiert ablaufen wird und er insofern auch keine durch ihn wahrnehmbaren Komforteinbußen haben wird. Neben dem rationalen Verständnis des Kunden für diesen notwendigen Beitrag zur Energiewende, mag ein zusätzlicher finanzieller Anreiz darin bestehen, dass das von ihm

gezahlte Netzentgelt deutlich günstiger ausfallen wird als das eines Kunden, der seine neuen, flexiblen Lasten nicht managen lässt. Die Gewährung eines reduzierten Netzentgeltes gemäß der heutigen §14a EnWG-Regelung wird dann obsolet. Will der Kunde ein Schnellladen jederzeit, ist ihm dies nur gegen einen Aufpreis einzuräumen, z. B. über die Bestellung zusätzlicher Leistungskapazität. Damit werden die erforderlichen Netzstabilisierungsmaßnahmen beglichen.

Die Stromvertriebe müssen ihr Portfolio managen, dies gehört zu den typischen von den Vertrieben auch bislang schon wahrgenommenen Aufgaben. Die Alternative statischer Zeitfenster als Übergangsmodell würde die Stromvertriebe hierbei deutlich stärker einschränken, als eine seltene externe Managementhandlung durch den VNB. Der genaue Handlungszeitpunkt für Steuerungsmaßnahmen durch die VNB lässt sich in der Niederspannung bei geplanten Wartungs-, Instandhaltungs- oder Erweiterungsmaßnahmen mit teilweise längerer Vorlaufzeit ankündigen. Ungeplante Steuerungsmaßnahmen sind hingegen von vielen externen Faktoren abhängig, wie z. B. dem volatilen, tagesindividuellen Verhalten der Kunden in einem Netzstrang. Exakte, verbindliche Vorhersagen sind hierzu auf Seiten der VNB in der Niederspannung nicht realisierbar. Die Stromvertriebe können aus ihrem Tätigkeitsfeld, dem Portfoliomanagement, heraus eigene Prognosen aus Erfahrungswerten, Wahrscheinlichkeiten und Wettervorhersagen erstellen und damit das Risiko von erforderlichen Steuerungsmaßnahmen durch den VNB eingrenzen.

Die Annahme, dass in 2030 eine Marktdurchdringung von 12 % Elektrofahrzeugen existiert, deren Nutzer bei Zulassung eines gesteuerten Netzanschlusses ggf. geringere Netzentgelte zu zahlen haben, wirft die Frage auf, ob auf die anderen Netznutzer höhere Netzentgelte zukommen und wie dies zu

⁴⁷ Gemeint ist eine Straße, in der mehrere Nachbarn beispielsweise 22 kW-Ladeeinrichtungen installieren und deren gleichzeitige Nutzung beispielsweise am Abend um 18.00 h wünschen.

rechtfertigen ist. Hier ist in Betracht zu ziehen, dass die Elektrifizierung des Verkehrssektors politisch erklärtes Ziel ist. Blicke über die Steuerung neuer Lasten (Ladeeinrichtung, Wärmepumpe etc.) verwehrt, würde ein Netzausbau in erheblichem Maße erforderlich werden, der höhere Netzentgelte für jeden Kunden zur Folge hätte.

Somit ist eine Umkehr der bisherigen Logik des § 14a EnWG vom Ausnahme- zum Regel- und Allgemeinfall ohne eine Netzentgeltreduzierung denkbar. Andernfalls könnten in einem Massenmarkt dadurch die Netzentgelte für Kunden ohne steuerbare Verbrauchseinrichtungen deutlich ansteigen. Hier ist abzuwägen, ob die volkswirtschaftlichen Kosteneinsparungen eines reduzierten Netzausbaus inkl. intelligenter Netztechniken eine Incentivierung der Kunden mit steuerbaren Verbrauchseinrichtungen (z.B. reduzierte Netzentgelte) rechtfertigt.

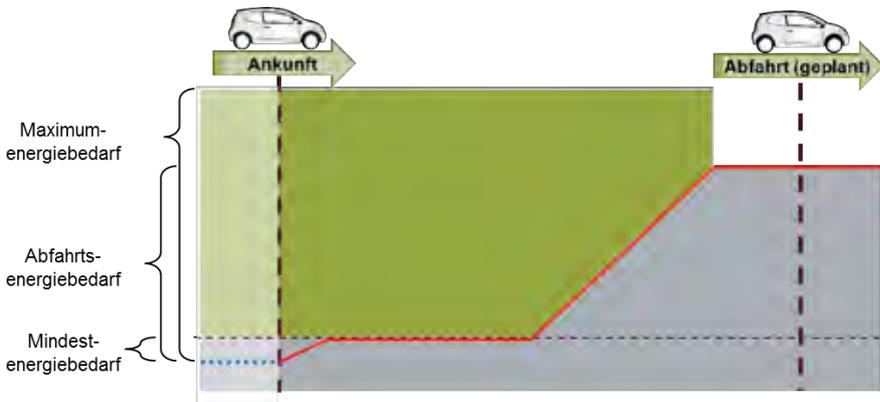
Annahmen für das Zielmodell 2030

Für 2030 erwartet die Bundesregierung eine Marktdurchdringung von 6 Millionen Elektrofahrzeuge (EV), dies entspricht 12 % der Kraftfahrzeuge. Es wird die Annahme zugrunde gelegt und als ideal angenommen, dass sich neben dem Ladepunkt für Elektrofahrzeuge auch Einspeiser (Photovoltaik-Anlage ohne EEG-Förderung) und weitere steuerbare Verbrauchseinrichtungen wie z. B. eine Wärmepumpe beim Kunden befinden. Auch wenn sich stationäre Speicher am Markt etabliert haben, kann der Kunde gleichermaßen ein Eigenheimbesitzer, der Mieter eines Wohnhauses / Mehrfamilienhauses, der Betreiber von Ladeeinrichtungen am Arbeitsplatz oder der Betreiber von Ladeeinrichtungen eines Fuhr- oder Gewerbetarifs sein.

In diesem Zielmodell wird der Fokus auf ein Kundensystem gelegt, das im Idealfall über einen stationären Speicher und/oder eine Erzeugungsanlage und einem lokalen Energiemanagementsystem (EMS) verfügt. Das

Modell ist skalierbar und eignet sich sinngemäß für Ein- und Mehrfamilienhäuser mit nur einer steuerbaren Verbrauchseinrichtung, wie z. B. den Ladepunkt für Elektrofahrzeuge. Hier wird seitens des VNB nicht direkt die Leistungsaufnahme einzelner Anlagen (Ladepunkt, WP) reglementiert, sondern das EMS ist in der Verantwortung, den aktuell maximal möglichen Netzbezug/ die maximal mögliche Netzeinspeisung durch entsprechende Regelung einzuhalten. Die Steuerbarkeit des Ladepunktes erfolgt dabei implizit. Vorrangig wird der Arbeitspunkt des Netzanschlusses durch den VNB /die marktseitige Kommunikation beeinflusst. Unter der Beachtung und Einhaltung eventueller Netzrestriktionen besteht hier insbesondere für die Energievertriebe die Option, an der Flexibilität des Kunden zu partizipieren.

Über eine Voreinstellung des Kunden am EMS, legt dieser fest, welche Anlagen, z. B. Elektrofahrzeug (EV), Wärmepumpe (WP) etc., im Falle eines Engpasses mit Priorität versorgt werden sollen. So lässt sich beispielsweise festlegen, dass das Fahrzeug beim Eintreffen als erstes bis zur Gewährleistung einer definierten Mindestreichweite geladen wird, die je nach Fahrzeug variiert. Wichtig ist die Umkehr der Entscheidungshoheit: Nicht das EMS teilt die Leistung zu, die Anlagen entnehmen nach eigener Entscheidung im Rahmen der verfügbaren Leistung. Was nicht bedeutet, dass automatisch die Versorgung der Anlage zuerst erfolgt, die in der Voreinstellung als Rangierste benannt ist. Der Kunde gibt die gewünschte Reichweite und einen geplanten Abfahrtszeitpunkt ein. Trifft das Fahrzeug mit nahezu leerer Batterie ein, wird zunächst die Mindestenergiemenge als Sofortladung geladen. Bis zum Abfahrtszeitpunkt wird dieser erreichte Mindestladezustand nicht mehr unterschritten.



Graphik: Gunnar Bärwaldt (grüne Fläche: „Flexband“)

Prozessbeschreibung für das Zielmodell 2030

Markt- und Netzkapazitätssignale

Die Marktsignale (diese können sich auch regional unterscheiden), z. B. in Form von Tarif-Tabellen über die kommenden 24 h, werden über das intelligente Messsystem (iMSys) an den Netzanschlusspunkt (NAP) gesendet und durch das EMS berücksichtigt. Ebenso wird über das iMSys die aktuell vorliegende Netzkapazität im jeweiligen Netzsegment empfangen und der Leistungsbezug aus dem Netz durch das EMS entsprechend begrenzt.

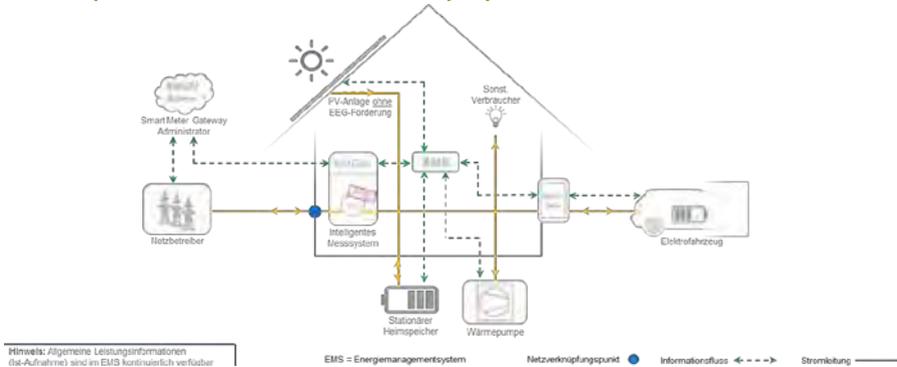
In der Darstellung des Zielmodells für 2030 sind Stromflüsse orange, Kommunikationsflüsse grün gezeichnet. Das System des Flexumers ist gekennzeichnet durch folgende Eigenschaften:

- Es befindet sich ein iMSys im Kundensystem des Flexumers. Je nach Anschluss-szenario und Messkonzept können weitere Unterzähler (moderne Messeinrichtungen) notwendig sein.
- Über das iMSys wird die aktuell vorliegende Netzkapazität im jeweiligen Netzsegment empfangen und der Leistungsbezug aus dem Netz durch das EMS entsprechend begrenzt.

- Das EMS kann perspektivisch die Funktion der Controllable Local System-Schnittstelle (CLS) übernehmen ohne dabei harte Schalthandlungen vorzunehmen und ist als solche als Teil des iMSys anzusehen.
- Regional spezifische Marktsignale erreichen das EMS und werden an Kunden weitergeleitet, die ihren Strombezug managen lassen.
- Die Kommunikation zwischen iMSys und EMS ist noch unklar, diese ist zu standardisieren. Gleiches gilt für die Kommunikation zwischen Energiemarkt / Netzbetreiber und iMSys.
- Die Anlagenkombination ist skalierbar
- Die heutige Funkrundsteuerung wird nicht mehr erforderlich sein, da hiermit keine intelligente Beeinflussung möglich ist.

Flexibilität ist erforderlicher Bestandteil der Energiewende und bringt einen positiven Nutzen für Kunden. Das Zielsystem kann ein Maximum an Flexibilität bereitstellen, da es über ein integriertes Energiemanagement verfügt und damit alle einzelnen Komponenten gesamthaft konzentriert und gleichzeitig die Kundenbedürfnisse erfüllt.

Kundensystem als aktives Element im Energiesystem („Flexumer“)



Graphik: Gunnar Bärwaldt (Haus mit EMS)

Mögliche Netznutzungs- und Tarifierungs-Szenarien

Innerhalb des Mitgliederkreises der erwähnten Task Force Lastmanagement wurden durch Gunnar Bärwaldt (VW), Michael Westberg, Michael Tomaszuk (beide EWE) und die Verf. folgende mögliche Netznutzungs- und Tarifierungs-Szenarien entwickelt:

Die nachfolgenden Modelle stehen unabhängig voneinander. Die Kombination bzw. ein dynamischer Wechsel zwischen den Modellen ist nicht vorgesehen bzw. aufgrund der jeweiligen Eigenschaften (z. B. einmalige Netzanschlussertüchtigung) nicht sinnvoll. Es ist vorstellbar, dass Einmalkosten über mehrere Jahre umgelegt werden und dadurch eine Bindung an das Modell bestehen würde. Auch ergibt es Sinn die Wahlentscheidung des Kunden, seine „neuen“ steuerbaren Lasten managen zu lassen, für einen Zeitraum von z. B. fünf Jahre zu befristen, so dass der Kunde (Anschlussnutzer) oder auch ein zukünftiger an seiner Stelle eingetretener neuer Anschlussnutzer am Ende dieser Frist diese Entscheidung verlängern oder wahlweise beenden kann.

1) Unbedingte Nutzung („Cap and Pay“)

Ein Mindestleistungswert von z. B. 5 kW⁴⁸ wird immer fest garantiert. Wer immer mehr will, muss auch bei der Erstellung des Anschlusses oder bei dessen nachträglicher Erweiterung (Anschlussertüchtigung) mehr zahlen. Das Modell ist auf alle Kunden anwendbar. Das Netzentgelt wird auf den Mindestleistungswert von z. B. 5 kW⁴⁶ bzw. auf den höheren Anschlusswert gezahlt. § 14a EnWG ist in der aktuellen Fassung unnötig. Zusätzliches Potential kann durch Teilnahme am Flexmarkt (Speicher bietet Kapazität an gegenüber VNB/Markt) entstehen. Dafür ist eine intelligente Kommunikation erforderlich, ansonsten kann das hausinterne Management der Energiebedarfe über das EMS erfolgen, d. h. intelligente Kommunikation ist ansonsten für den Fall 1 nicht erforderlich.

⁴⁸ Nach Erkenntnissen des BET in dem Projekt Barometer/ Digitale Energiewende, Gutachten Topthema 2, verbraucht ein durchschnittlicher drei Personen-Haushalt in Deutschland 2.600 kWh im Jahr, die maximal nachgefragte Leistung liegt bei Haushalten ohne Durchlauferhitzer bei etwa 5 kW (Wertangabe gemäß Foliensatz des BMWi-Projektes Barometer - Digitale Energiewende zum Präsenzttermin „Expertenworkshop“ vom 09.07.2018 in Bonn). Dabei sind die 5 kW beispielhaft zu verstehen, es könnten auch 4 oder 6 kW sein.

Eine ggf. vorliegende Bindung durch die Beauftragung zusätzlicher Kapazität geht bei einem Wechsel des Anschlussnehmers für die Restlaufzeit auf den neuen über. Die Verrechnung der anfallenden Kosten ist ggf. zwischen Vermieter (Anschlussnehmer) und Mieter (Anschlussnutzer) zu vereinbaren.

2) Bedingte Nutzung („Cap and Pray“)

Wie beim ersten Modell „unbedingte Nutzung“ wird der Mindestleistungswert von z. B. 5 kW immer fest zugesagt. Darüber hinaus ist der Leistungsbezug bis zur technischen Anschlussleistung ohne weitere Mehrkosten möglich, aber nicht unbedingt garantiert. Die Leistung oberhalb des Mindestleistungswerts von z. B. 5 kW wird in diesem Fall als steuerbare Kapazität bereitgestellt. Dieses Modell setzt auf intelligente Kommunikation und Steuerung. Es ist keine Incentivierung erforderlich (wie ein reduziertes Netzentgelt beim heutigen §14a EnWG), aber z. B. ein einmaliger Kostenzuschuss vorstellbar. Für Kunden mit gesteuerten, flexiblen Lasten („Flexumer“), wie Ladeeinrichtungen, Wärmepumpen, Speicheranlagen, stellt es eine Umkehr des § 14a EnWG von der Ausnahme zum Regelfall dar.

Zusätzliches Potential besteht durch eine Teilnahme am Flexibilitätsmarkt (Speicher bietet Kapazität an gegenüber dem VNB/Markt). Dafür ist der Einsatz eines intelligenten Messsystems erforderlich. Die Inhouse-Steuerung könnten die Energievertriebe in Eigenregie, z. B. durch Preissignale, übernehmen.

3) § 14a EnWG „status quo extended“

§ 14a EnWG bleibt wie er ist. Die gesamte Energiemenge bezogen auf den Netzanschluss etc. erhält im Gegenzug zur eingeräumten Steuerbarkeit (ohne garantierte Mindestleistung) ein reduziertes Netzentgelt nach kWh-Menge. Aufgrund der Tatsache, dass das EMS den aktuell zulässigen maximalen Netzbezug ausregelt, erhält das gesamte

Kundensystem für die Kundenflexibilität ein reduziertes Netzentgelt, unabhängig von der Häufigkeit der Regelungsvorgänge durch den VNB.

4) §14a EnWG „reloaded“

Der Kunde erhält einen einmaligen Investitionszuschuss. Als Anreiz wird keine Reduzierung auf das Netzentgelt, sondern eine Pauschale pro Ereignis (Flexabruf) gewährt, für den flexibel steuerbaren Leistungsanteil.

Empfehlungen der Verfasser des Zielmodells 2030

Die Verfasser des Zielmodellbilds 2030 favorisieren das Szenario „Bedingte Nutzung (Cap & Pray)“ aus folgenden Gründen:

- Es bildet eine verursachungsgerechte Kostenverteilung ab
- Netzausbaumaßnahmen und -kosten werden bezogen auf den einzelnen Hausanschluss vermieden und, volkswirtschaftlich betrachtet, verringert
- Die garantierte unbedingte Kapazität deckt den üblichen Haushaltsbedarf ab und bietet zudem Reserven
- Die optionale Teilnahme am Flexibilitätsmarkt wird gewährleistet, da die externe Managementhandlung durch die VNB nur als selten angenommen werden und die Stromvertriebe (Flexibilitätsvermarkter) durch das Management ihres Portfolios heraus eigene Prognosen aus Erfahrungswerten, Wahrscheinlichkeiten und Wettervorhersagen erstellen und damit das Risiko einer erforderlichen externen Beeinflussung durch den VNB stärker eingrenzen können.
- Eine Incentivierung für die Anschaffung erforderlicher Steuerungskomponenten und für die Bereitschaft, die Verbrauchsanlagen hinter dem Netzanschluss steuern zu lassen, ist optional denkbar

RECHTSFOLGE: REDUZIERTES NETZENTGELT

Durch den Wortlaut („Gegenzug“) ist klargestellt, dass der Steuerung ein Geschäft auf Gegenseitigkeit zugrunde liegt, bei dem die jeweiligen Pflichten der Parteien sich synallagmatisch gegenüberstehen. Die eine Partei (VNB) gewährt bestimmten „Kunden“ ein vermindertes Entgelt, das sich bei den Kunden als Teil des Strompreises, der an den Lieferanten zu entrichten ist, niederschlägt, sofern die andere Partei (Inhaber der Verbrauchsanlagen) der einen Partei als Gegenleistung gestattet und technisch ermöglicht, auf das Verhalten bestimmter (größerer) elektrischer vollständig unterbrechbarer Verbrauchseinrichtungen Einfluss zu nehmen.⁴⁹

Die Vorschrift verpflichtet die VNB, denjenigen Lieferanten und Verbrauchern, mit denen sie Netznutzungsverträge abgeschlossen haben und die, ohne dazu gesetzlich verpflichtet zu sein, eine Steuerung ihrer unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen technisch ermöglichen, ein reduziertes Netzentgelt einrichtungsbezogen zu gewähren. Nach dem Wortlaut haben VNB ein „reduziertes Netzentgelt zu berechnen“, d. h. wird ihnen die Steuerung eines Verbrauchsgeschäftes durch einen Kunden eingeräumt, ist er dazu verpflichtet („haben . . . zu berechnen“), lediglich ein reduziertes Netzentgelt zu erheben, welches Teil des vom Kunden zu entrichtenden Strompreises ist. Dabei handelt es sich um ein gesetzliches Schuldverhältnis, denn liegen die Voraussetzungen vor, bleibt dem VNB kein Verhandlungsspielraum mehr.⁵⁰ Eine andere Auslegung stünde im Widerspruch zu dem expliziten Wortlaut. Diese Pflicht der Erhebung eines reduzierten Entgeltes greift jedoch nur, wenn tatsächlich sämtliche Tatbestandsvoraussetzungen erfüllt sind.

⁴⁹ So auch Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.51.

⁵⁰ Vgl. Franz/Boesche, in Säcker, Berliner Kommentar zum EnWG, 4. Aufl. 2019, § 14 Rn.51.

ZUSAMMENFASSUNG

Eine der spannendsten Herausforderungen der Elektromobilität ist die Integration von Elektrofahrzeugen in das Energieversorgungsnetz. Das deutsche Energiewirtschaftsgesetz sieht mit § 14a EnWG eine Regelung vor, wonach Elektrofahrzeuge als steuerbares Verbrauchsgerät in der Niederspannung eingestuft werden. Im Gegenzug hat der Verteilnetzbetreiber ein reduziertes Netzentgelt zu gewähren. Das ist die Rechtsgrundlage. Es ist jedoch unklar, wie im Einzelnen die Gestaltung und Umsetzung dieser Verordnung aussehen wird und sollte. Adressierte Steuereinheit ist nach Auffassung der Autorin die Ladeeinrichtung und nicht das Elektrofahrzeug. Hier wäre eine gesetzgeberische Klarstellung hilfreich. Nach Ansicht der Autorin scheint eine Ausweitung auf Erneuerbare-Energien-Erzeugungsanlagen und eine Ausdehnung auf die Mittelspannungsebene angezeigt zu sein. Relevante Anwendungsgebiete sind vor allem das Ladeverhalten zu Hause und am Arbeitsplatz, also das private Laden. Bei längeren Parkzeiten kann auch ein Aufladen eines Elektrofahrzeugs in halböffentlichen Bereichen (auf Parkplätzen an Bahnhöfen, Flughäfen) oder sogar in öffentlichen Bereichen (Laternenparken über Nacht) relevant sein.

Der freiwillige Charakter der bisherigen Fassung des § 14a EnWG, könnte, wie in dem skizzierten Zielmodell 2030 beschrieben, zu einer „Pflicht“ werden, wenn es zu einem Markthochlauf kommt (12 % Elektrofahrzeuge in 2030). Die auf Freiwilligkeit basierende Ausnahme der Laststeuerung würde dann zur Regel werden. Statt einer Reduzierung der Netzentgelte mit allen Konsequenzen könnte ein einfach handhabbarer Hebel darin bestehen, die Kunden durch eine Flexibilitätsprämie zur Teilnahme an gesteuerten Ladevorgängen anzuregen.

NORMUNG UND STANDARDISIERUNG - EINE SÄULE DER ELEKTROMOBILITÄT

Corinna Schreiter - Geschäftsstelle Elektromobilität

Ob Papierformat oder Babyschnuller, Treppe oder Schraube, Leiter oder Zahnbürste - fast alles in unserem Alltag ist von Normen und Standards erfasst. Die Anwendung und aktive Teilnahme an Normung und Standardisierung bringt Unternehmen jeder Größe viele Vorteile. Normen helfen bei der Klärung der Produkteigenschaften und fördern die Zusammenarbeit der Marktteilnehmer. Normen und Standards sind somit die Lingua franca von Technologie und Innovation, die Lösungen für den freien globalen Handel mit Waren und Dienstleistungen bieten. Europäische Normen öffnen den EU-Binnenmarkt, während internationale Normen den Zugang zu globalen Märkten ermöglichen. Standardisierung kann zudem als Katalysator für Innovationen dienen und hilft, Lösungen auf den Markt zu bringen. Daher sind Normung und Standardisierung auch für das komplexe Thema Elektromobilität eine wesentliche Säule für die Stabilität, den Ausbau und die erfolgreiche Positionierung der deutschen Wirtschaft - national als auch international. Der folgende Artikel gibt einen Einblick in den Nutzen von Normung und Standardisierung, die Entstehung von Normen sowie die nationalen als auch internationalen Normungs- und Standardisierungsaktivitäten im Kontext Elektromobilität.

NORMUNG UND STANDARDISIERUNG NUTZEN VON NORMUNG UND STANDARDISIERUNG

Die aktive Teilnahme am Normungs- und Standardisierungsprozess sowie die Anwendung von Normen und Standards ist stets eine strategische Entscheidung. Für den Nutzer ergeben sich jedoch viele Vorteile, wie u. a. Wissensvorsprung, Effizienzsteigerung, erleichterter Marktzugang, Einbringung der eigenen Interessen und der Austausch mit anderen interessierten Kreisen.

Gut für die Wirtschaft

Wirtschaftswachstum wird nicht allein durch Forschung und Entwicklung generiert. Entscheidend ist, dass das neue Wissen verbreitet und von möglichst vielen Unternehmen angewendet wird. Normen und Standards eignen sich für diesen Zweck ideal, denn das in ihnen enthaltene Expertenwissen ist für jeden zugänglich. Der gesamtwirtschaftliche Nutzen der Normung wird für Deutschland auf 17 Mrd. Euro im Jahr geschätzt, so das Ergebnis einer Studie¹.

Wissensvorsprung durch die Beteiligung am Normungs- und Standardisierungsprozess

Normung auf Basis der Freiwilligkeit stärkt die wirtschaftlich-gesellschaftliche Selbstverwaltung und entlastet den Gesetzgeber. Unternehmen können durch aktive Beteiligung an der Normung technische Regeln nach eigenen Interessen und Vorstellungen mitgestalten, aber auch Festlegungen zur Sicherheit etwa in den Bereichen Arbeits-, Umwelt-, Verbraucher- oder Gesundheitsschutz treffen. Die Normungs- und Standardisierungsarbeit ermöglicht darüber hinaus einen direkten Informationsaustausch mit Experten anderer Interessensgruppen. Ein an der Normung beteiligtes Unternehmen hat Wettbewerbsvorteile, weil es die Inhalte der Normen frühzeitig mitgestalten und so einen Wissensvorsprung vor seinen Mitbewerbern am Markt erzielen kann. Dies trägt zur Investitionssicherheit für das Unternehmen bei. In der Zusammenarbeit mit Wissenschaft und Forschung in den Normungsgremien können frühzeitig Weichen für die Umsetzung neuer Technologien am Markt gestellt werden.

Nutzen durch die Anwendung von Normen

Die Anwendung von Normen von Unternehmen steigert die Effizienz, minimiert das Haftungsrisiko, erleichtert den Marktzugang und verbessert die Produktsicherheit. Die Anwendung von Normen ist jedoch freiwillig.

¹ vgl. „Der gesamtwirtschaftliche Nutzen der Normung“ (2011)

Bindend werden Normen nur dann, wenn sie Gegenstand von Verträgen sind oder wenn der Gesetzgeber ihre Einhaltung zwingend vorschreibt. Normen sind eindeutige und anerkannte Regeln der Technik, daher bietet der Bezug auf Normen in Verträgen Rechtssicherheit und kann Auftragsverhandlungen vereinfachen. Auch wenn die Einhaltung von DIN-Normen keinen Haftungsfreibrief darstellt, so stellt sie einen wichtigen Schritt beim Nachweis ordnungsgemäßen Verhaltens dar und verschafft im Umkehrschluss Vertrauen gegenüber den Kunden durch Einhaltung von Qualitätsanforderungen.

Globaler Marktzugang

Normen sind die weltweite Sprache der Technik und liefern anerkannte Lösungen für den Schutz von Gesundheit, Sicherheit und Umwelt. Mit Blick auf den internationalen Geschäftsverkehr können sie dazu beitragen, das Vertrauen zwischen Kunden und Zulieferern zu schaffen, Kompatibilität sowie Qualität zu garantieren, Handelshemmnisse zu reduzieren und internationale Handelsabkommen einfacher umzusetzen. So können Unternehmen weltweit aktiv werden, ohne ihre Produkte landesspezifischen Forderungen anpassen zu müssen. In Europa gilt heute: Eine Norm - ein Test - überall akzeptiert. Einheitliche Europäische Normen haben technische Handelshemmnisse in der Europäischen Union weitestgehend beseitigt.

Normung und Standardisierung als Katalysator für Innovationen

Die Fähigkeit, systematisch neue Erkenntnisse und Ideen in Produkte, Verfahren und Dienstleistungen umzusetzen, ist entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit der Deutschen Wirtschaft. Normung und Standardisierung können dabei als ein Katalysator für Innovationen dienen und helfen, Lösungen nachhaltig am Markt zu etablieren. Denn Normen und Standards definieren Schnittstellen und Kompatibilitätsanforderungen. Insbesondere in der Erforschung neuer In-

novationsfelder, wie z. B. Elektromobilität, Smart Cities und Industrie 4.0 und der Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen sind Normen und Standards gefragt. Sie sorgen für Transparenz und Akzeptanz bei Anwendern und Marktteilnehmern. Innovationsstarke Unternehmen nutzen Normung und Standardisierung daher als strategisches Instrument zur Erlangung der Marktfähigkeit ihrer Innovationen. Es kann entscheidend für den Markterfolg sein, Aspekte einer Innovation in die Normung und Standardisierung einzubringen, um den Markt dafür vorzubereiten. Welche Aspekte einer Innovation durch Normen und Standards offen gelegt werden und welche Lösungen durch Patente geschützt werden sollen, sind grundlegende unternehmensstrategische Entscheidungen.

WIE NORMEN UND STANDARDS ENTSTEHEN

Unter Normung wird die vollkonsensbasierte Erarbeitung von Regeln, Leitlinien und Merkmalen für Tätigkeiten zur allgemeinen oder wiederkehrenden Anwendung durch eine anerkannte Organisation verstanden. Die Standardisierung hingegen wird als eigentlicher Erarbeitungsprozess von Standards beschrieben und bezeichnet. Im Gegensatz zur Normung sind der Konsens aller Beteiligten, die Einbeziehung aller interessierten Kreise sowie eine Entwurfs-Veröffentlichung nicht zwingend erforderlich. Eines der bekanntesten Beispiele für Normen sind sicherlich die DIN-Formate. Jeder kennt DIN A4. Die Norm sorgt unter anderem dafür, dass Papier in jeden Drucker, Kopierer oder Hefter passt. Die Formate wurden bereits im Jahr 1922 als DIN 476 veröffentlicht und sind heute ein internationaler Klassiker: DIN EN ISO 216. Aktuell bilden rund 34.000 Normen das Deutsche Normenwerk und werden über den Beuth Verlag veröffentlicht.

Entstehung einer Norm

Die Erarbeitung nationaler, europäischer oder internationaler Normen erfolgt stets

nach dem gleichen Prinzip (siehe auch Abbildung: Vereinfachte Entstehungsschritte einer DIN-Norm):

1. Vorlegen eines Normungsantrages
2. Annahme des Normungsantrages
3. Bearbeitung des zu normenden Gegenstandes
4. Veröffentlichung eines Norm-Entwurfs
5. Bearbeitung der eingegangenen Stellungnahmen
6. Annahme der Norm durch das zuständige Arbeitsgremium
7. Veröffentlichung der Norm
8. Überprüfung der Aktualität der Norm

Die Normungsarbeit beginnt mit einem Normungsantrag, den jeder bei DIN formlos schriftlich stellen kann. Die treibenden Kräfte hinter Normung und Standardisierung sind Wirtschaft und Gesellschaft. Von ihnen kommen die Impulse zur Normung. Nach Eingang des Antrages klärt der zuständige Ausschuss bei DIN mit seinen Fachkreisen, ob ein Bedarf für dieses Thema besteht und ob diese Kreise bereit sind, das Projekt zu finanzieren.

Außerdem wird überprüft, ob es nicht bereits eine ähnliche Norm gibt oder ob das geplante Normungsvorhaben im Widerspruch zu einer bereits existierenden Norm steht. Fällt im zuständigen Ausschuss die Entscheidung zugunsten der Erarbeitung einer nationalen Norm und stimmt das zuständige Lenkungs-gremium dem zu, erarbeitet der Ausschuss einen Norm-Entwurf, der dann kostenlos im Norm-Entwurfs-Portal von DIN zur Kommentierung zur Verfügung gestellt wird. Erarbeitet wird die Norm durch die von den interessierten Kreisen entsandten Experten. Die Experten im Ausschuss beraten die Stellungnahmen und einigen sich über den Inhalt der geplanten Norm. Anschließend wird die Norm veröffentlicht und spätestens alle fünf Jahre überprüft. Beispielhaft sind hier die vier Erarbeitungsschritte einer DIN-Norm erläutert:

Die Erarbeitung Europäischer Normen findet auf europäischer Ebene unter dem Dach der Normungsorganisationen CEN, CENELEC und ETSI statt. Bei CEN und CENELEC gilt



Vereinfachte Entstehungsschritte einer DIN-Norm

das nationale Delegationsprinzip. Sogenannte Spiegelgremien erarbeiten in jedem Mitgliedsland die nationale Stellungnahme, in Deutschland bei DIN. Auf diese Weise können alle an einem Normungsthema Interessierten ihre Meinung ohne Sprachbarrieren über die nationale Ebene einbringen. Aus den Spiegelgremien wiederum werden Experten in das europäische Arbeitsgremium entsandt. Sie vertreten dort die nationale Meinung und können die inhaltliche Federführung für europäische Normungsvorhaben übernehmen. Für die Ausgestaltung von Normen ist es oft von entscheidender Bedeutung, dass die nationalen Interessen im Erarbeitungsprozess qualifiziert und frühzeitig vertreten werden. Die Erarbeitung internationaler Normen findet auf internationaler Ebene unter dem Dach der Normungsorganisationen ISO und IEC statt, hier gilt ebenfalls das nationale Delegationsprinzip. Die Spiegelgremien entscheiden zusätzlich über die Übernahme internationaler Normen in das nationale Normenwerk, die im Gegensatz zur Übernahme Europäischer Normen freiwillig ist.

1.2.2 Entstehung eines Standards

Im Gegensatz zu einer Norm wird der Inhalt eines Standards, einer sogenannten DIN SPEC, durch ein temporär zusammengestelltes Gremium erstellt. Konsens und die Einbeziehung aller interessierten Kreise sind nicht zwingend erforderlich. DIN SPEC sind als Ergebnisse von Standardisierungsprozessen bewährte strategische Mittel, um innovative Lösungen schnell und unkompliziert am Markt zu etablieren und zu verbreiten. Die DIN SPEC ist der kürzeste Weg von der Forschung zum Produkt. Ein solcher Standard kann innerhalb weniger Monate unkompliziert in kleinen Arbeitsgruppen erarbeitet werden. DIN SPEC können kostenlos über den Beuth Verlag bezogen werden und fördern so den Austausch mit anderen Marktteilnehmern. DIN sorgt dafür, dass die DIN SPEC nicht mit bestehenden Normen kollidiert, und veröffentlicht sie - auch international. Die DIN SPEC ist ein hochwirksames Marketinginstrument, das dank der anerkannten Marke DIN für eine große Akzeptanz bei Kunden und Partnern sorgt. Eine DIN SPEC kann zudem die Basis für die Erarbeitung einer Norm sein. Die Erarbeitung einer DIN SPEC erfolgt in drei Schritten:



Entstehung einer DIN SPEC

STRUKTUR DER NORMUNGS- UND STANDARDISIERUNGSLANDSCHAFT

Normen und Standards entstehen durch die Arbeit verschiedener Organisationen auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene. Eine entsprechende Übersicht, wie die Entwicklung von Normen und Standards auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene organisiert ist, soll nachstehende Abbildung der Normungsorganisationen und deren Zusammenwirken geben (Abbildung 3).

Im Sinne der vollkonsensbasierten Normung sind die Stränge ISO, IEC und ITU die maßgeblichen Normungsorganisationen. Die zugehörigen, auf europäischer und nationaler Ebene verantwortlichen Normungsorganisationen sind CEN und DIN sowie CENELEC, ETSI und die DKE. Mitglieder von ISO, IEC, CEN und CENELEC sind die jeweils nationalen Normungsorganisationen.

Die Normungsarbeit ist heute zu rund 85 % europäisch und international ausgerichtet,

wobei DIN und DKE den gesamten Prozess der Normung auf nationaler Ebene organisieren und über die entsprechenden nationalen Gremien die deutsche Beteiligung auf europäischer und internationaler Ebene sicherstellen.

DIN, CEN und ISO

Das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN) ist die unabhängige Plattform für Normung und Standardisierung in Deutschland und feierte 2017 sein 100-jähriges Bestehen. Als Partner von Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft trägt DIN wesentlich dazu bei, Innovationen zur Marktreife zu entwickeln und Zukunftsfelder wie Elektromobilität und Smart Cities zu erschließen. Rund 33.500 Experten aus Wirtschaft und Forschung, von Verbraucherseite und der öffentlichen Hand bringen ihr Fachwissen in den Normungsprozess ein. Die Hauptaufgabe von DIN besteht darin, gemeinsam mit den Vertretern der interessierten Kreise konsensbasierte Normen markt- und zeitgerecht zu erarbeiten.

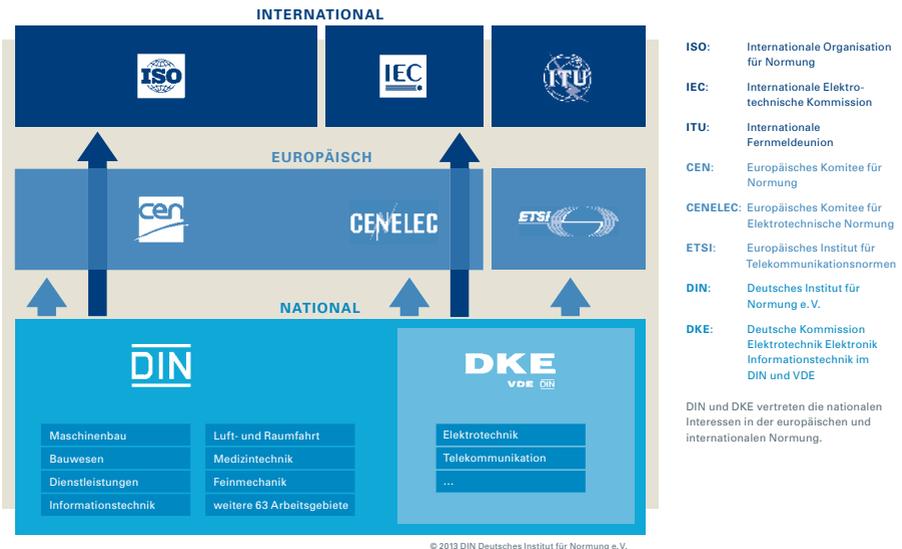


Abb 3 Überblick Normungsorganisationen

Aufgrund eines Vertrags mit der Bundesrepublik Deutschland ist DIN als nationale Normungsorganisation in den europäischen und internationalen Normungsorganisationen anerkannt. Die Mitarbeiter von DIN organisieren den gesamten Prozess der nicht elektrotechnischen Normung auf nationaler Ebene und stellen über die entsprechenden nationalen Gremien die deutsche Beteiligung auf europäischer und internationaler Ebene sicher. DIN vertritt hierbei die Normungsinteressen Deutschlands als Mitglied im Europäischen Komitee für Normung (CEN) sowie als Mitglied in der Internationalen Organisation für Normung (ISO). Die DKE als Organ des DIN und des VDE vertritt die Interessen in der elektrotechnischen Normung als Mitglied im Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) sowie in der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC). Der Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil) in DIN wird vom VDA getragen und verantwortet die Normung rund um das Automobil einschließlich der Zubehör- und Zulieferteile und -systeme. Der NAAutomobil spiegelt die in ISO/TC 22 und CEN/TC 301 konzentrierte internationale und nationale Normung zum Automobil und unterhält dazu zahlreiche Arbeitskreise.

DKE, CENELEC und IEC

Die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE nimmt die Interessen der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik auf dem Gebiet der internationalen und regionalen elektrotechnischen Normungsarbeit wahr und wird dabei vom VDE getragen. Sie ist zuständig für die Normungsarbeiten, die in den entsprechenden internationalen und regionalen Organisationen (vor allem IEC, CENELEC und ETSI) behandelt werden. Sie vertritt somit die deutschen Interessen sowohl im Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) als auch in der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC). Die DKE dient als moderne,

gemeinnützige Dienstleistungsorganisation der sicheren und rationellen Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität und so dem Nutzen der Allgemeinheit. Die Aufgabe der DKE ist es, Normen im Bereich der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik zu erarbeiten und zu veröffentlichen. Die Ergebnisse der elektrotechnischen Normungsarbeit der DKE werden in DIN-Normen niedergelegt, die als deutsche Normen in das deutsche Normenwerk von DIN und, wenn sie sicherheitstechnische Festlegungen enthalten, gleichzeitig als VDE-Bestimmungen in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen werden. Die Arbeitsgremien werden als deutsche „Spiegelgremien“ den entsprechenden technischen Komitees der IEC (bzw. des CENELEC) zugeordnet, sodass nur ein einziges deutsches Gremium für die gesamte nationale, europäische und internationale Arbeit bzw. Mitarbeit auf dem jeweiligen Fachgebiet zuständig ist.

NORMUNG UND STANDARDISIERUNG IM KONTEXT ELEKTROMOBILITÄT NATIONALE ABSTIMMUNG ZUR ELEKTROMOBILITÄT

Nationale Plattform Elektromobilität - AG 4 Normung, Standardisierung und Zertifizierung

Die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) ist ein Beratungsgremium der deutschen Bundesregierung zur Elektromobilität und bringt 150 Vertreter aus Industrie, Wissenschaft, Politik und Verbänden zum strategischen Dialog zusammen. Gemeinsam beraten sie über die wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Potenziale der Elektromobilität und sprechen Handlungsempfehlungen für Politik und Wirtschaft aus. Die NPE setzt sich dabei aus dem Lenkungskreis, einem Redaktionsteam sowie sechs themenspezifischen Arbeitsgruppen zusammen. Die Arbeitsgruppen werden durch den Lenkungskreis koordiniert, der die Struktur der NPE aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verbänden abbildet und als zentrales

Entscheidungsgremium fungiert. Das Redaktionsteam unterstützt den Lenkungskreis bei der Erstellung der Berichte und Veröffentlichungen der NPE. Die NPE betrachtet Elektromobilität als Gesamtsystem aus den Komponenten Fahrzeug, Energieversorgung, Verkehrsinfrastruktur und Stadtplanung, das über die Grenzen traditioneller Industriebranchen hinweg wirkt. Dazu behandeln die sechs Arbeitsgruppen folgende Schwerpunkthemen:

- Fahrzeugtechnologie (AG 1);
- Batterietechnologie (AG 2);
- Ladeinfrastruktur und Netzintegration (AG 3);
- Normung, Standardisierung und Zertifizierung (AG 4);
- Informations- und Kommunikationstechnologien (AG 5) und
- Rahmenbedingungen (AG 6).

Die Experten in den Arbeitsgruppen entwickeln gemeinsame Positionen und bilden diese in Statusanalysen, Roadmaps und Empfehlungspapieren ab, die den Handlungsbedarf bei der Elektromobilität zusammenfassen. Die Arbeitsgruppe AG 4 „Normung, Standardisierung und Zertifizierung“ der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) der Bundesregierung ist für die strategische Beratung und Umsetzung der normungsrelevanten Themen innerhalb der NPE verantwortlich. DIN leitet den Steuerkreis der NPE AG 4 und unterstützt dabei die Koordinierung der inhaltlichen Beiträge bzw. ist wesentlich an der Erarbeitung der darzustellenden Inhalte beteiligt. Diese umfassen zum Beispiel den aktuellen Stand der internationalen Kooperationen (China, USA und Japan) sowie mit Normung und Standardisierung zusammenhängende Themen, wie u. a. das eichrechtskonforme Laden, das kabellose Laden und das Laden mit höheren Ladeleistungen.

Die letzte Veröffentlichung der NPE AG 4 war die im April 2017 veröffentlichte „Die Deutsche Normungs-Roadmap Elektromo-

bilität 2020“². Die Normungs-Roadmap gibt dabei einen umfassenden Überblick über abgeschlossene, laufende und künftige Normungsaktivitäten im Bereich der Elektromobilität. Darüber hinaus zeigt sie Visionen auf, kommuniziert konkrete Normungsergebnisse und spricht klare Empfehlungen aus.

Gemeinsame Aktivitäten von DIN, DKE und dem Normenausschuss Automobil (VDA)

Damit die Anstrengungen in den verschiedenen Bereichen der Elektromobilität, u. a. Fahrzeugtechnik, Ladeschnittstelle oder auch Informations- und Kommunikationstechnik, weltweit zu einem Erfolgsmodell werden, muss eine breite Akzeptanz in Wirtschaft und Gesellschaft für die Einführung neuer Technologien und Konzepte geschaffen werden. Grundstein für jegliches Wachstum sind die Fortschritte und Ergebnisse, die in der Forschung und Entwicklung erzielt werden. Für eine länderübergreifende Mobilität von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten bedarf es jedoch in gleichem Maße auch einheitlicher Normen und Standards, um so z. B. einen barrierefreien Zugang zu Ladestrom und -stationen, einheitliche und verbraucherfreundliche Abrechnungssysteme, aber auch die Sicherheit der Fahrzeuge und von sensiblen Daten sicherzustellen.

Die Erarbeitung entsprechender europa- und weltweit geltender Normen und Standards erfordert eine Vorgehensweise, die sicherstellt, dass bedeutsame Themen frühzeitig und unter Vermeidung unnötiger Doppelarbeit gemeinsam, ganzheitlich und koordiniert angegangen werden. Die Einbeziehung aller Interessenskreise sowie die Berücksichtigung der in der Forschung und Entwicklung gewonnenen Erkenntnisse sind dabei von grundlegender Bedeutung. Um diese Arbeiten

² http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Publikationen/NormungsRoadmap_Elektromobilitaet_2020_bf.pdf

voranzutreiben, hat DIN die Geschäftsstelle Elektromobilität eingerichtet, die als zentraler Ansprechpartner für Fragestellungen rund um die Normung und Standardisierung agiert. Dabei erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit der DKE und dem externen Normenausschuss Automobiltechnik im VDA.

Die DKE betreut im Kontext Elektromobilität alle relevanten Themen, die die Ladeinfrastruktur betreffen. Sie betreut beispielsweise im nationalen Gremium DKE/UK 542.4 die Normenreihe IEC 62196, welche die Steckvorrichtungen für das kabelgebundene Laden spezifiziert. Diese Norm wird auf internationaler Ebene durch das Gremium IEC/SC 23H und auf europäischer Ebene durch das Gremium CLC/TC 23H bearbeitet.

Der Normenausschuss Automobiltechnik betreut alle relevanten Themen der Fahrzeugseite. Ein Handlungsfeld ist beispielsweise das kabellose Laden von Elektrofahrzeugen. Die ISO 19363, beschreibt den fahrzeugseitigen Ladeanschluss, die spezifischen Sicherheitsanforderungen im Fahrzeug sowie die fahrzeugseitigen Anforderungen an die Laderegelung. Da es sich um ein internationales Projekt handelt, obliegt der ISO die Steuerung des gesamten Arbeitsprozesses. Dies erfolgt im Gremium ISO/TC 22/SC 37. Für dieses Projekt ist eine europäische Ausgabe geplant, dafür zuständig ist auf europäischer Ebene das Gremium TC 301 des CEN. Die deutschen Interessen werden im zuständigen Spiegelgremium, dem NA 052-00-37 AA gebündelt. Dieses Gremium delegiert auch die deutschen Experten in die Gremien von CEN und ISO.

INTERNATIONALE ABSTIMMUNG ZUR ELEKTROMOBILITÄT

Ein wesentlicher Treiber für eine global agierende und international stark vernetzte Automobilindustrie sind einheitliche Normen und Standards. Bei der Zusammenarbeit mit den internationalen Partnerorganisationen lautet daher das oberste Ziel, ein weltweit gültiges

Normenwerk für die Elektromobilität zu schaffen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist neben den nationalen Aktivitäten auch ein Austausch auf internationaler Ebene entscheidend. Wie bereits unter Abschnitt 1.3 erläutert, ist die Normungsarbeit heute zu rund 85 % europäisch und international ausgerichtet. Darüber hinaus gibt es weitere Aktivitäten und Kooperation, um die Elektromobilität national als auch international voranzubringen.

China

Deutsch-Chinesische Unterarbeitsgruppe Elektromobilität

Gegründet im Jahr 2011 für den Austausch normungsrelevanter Themen im Bereich Elektromobilität, bietet die Deutsch-Chinesische Unterarbeitsgruppe Elektromobilität, unter dem Dach der Deutsch-Chinesischen Kommission Normung³, eine Plattform auf Expertenebene. Ziel ist es dabei, gemeinsame Lösungen im Rahmen der internationalen Normung zu finden sowie die Zusammenarbeit zwischen den Experten und Institutionen zu vertiefen. Neben der Koordinierung von Normungsaktivitäten und dem strategischen Dialog im Rahmen der jährlich stattfindenden Plenarsitzung, findet so auch ein Austausch auf Expertenebene statt. Dies erfolgt durch die Durchführung von Fachworkshops, u. a. zu den Themenbereichen Traktionsbatterie, kabelloses Laden und das Laden mit höheren Ladeleistungen. Im Mai 2018 fand im Rahmen der Deutsch-Chinesischen Normungskommission bereits die 6. Plenarsitzung der von DIN und SAC (Standardization Administration of China) geleiteten Unterarbeitsgruppe Elektromobilität mit rund 80 Experten in Heidelberg statt. Die Experten beider Länder werden auch in den nächsten Jahren den Informationsaustausch fortsetzen, die bilaterale Zusammenarbeit weiter vertiefen sowie die Koordination in den internationalen Normungsaktivitäten intensivieren.

³ Leitung: SAC und Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW)

USA

In den USA gehören ANSI (American National Standards Institute) und SAE International (Society of Automotive Engineers) zu den wichtigsten Normungsorganisationen. ANSI ist das amerikanische Mitglied in internationalen Organisationen, wie z. B. ISO und IEC. ANSI entwickelt jedoch selbst keine Normen. Es greift hierfür auf durch ANSI akkreditierte Organisationen zurück. Bei SAE handelt es sich um eine Organisation, die hauptsächlich auf dem amerikanischen Kontinent vertreten ist. Deren im Sinne des ISO/IEC-Normenerarbeitungsprozesses nicht vollkonsensbasierte Normen - also Standards - können grundsätzlich eine internationale Ausrichtung haben, sind jedoch insbesondere für den nordamerikanischen Raum von Bedeutung. Für einen Marktzugang in Nordamerika für die deutsche Automobilindustrie und deren Zulieferer ist die Einhaltung von SAE-Standards zum Teil vorgeschrieben.

Die Ziele der Zusammenarbeit mit den USA bei der Normung sind der Abbau von Handelsbarrieren auf internationaler Ebene. Als Meilenstein konnte erreicht werden, dass wie in Europa auch in den USA das Ladesystem CCS etabliert wurde. Seit 2016 regelt zudem eine Vereinbarung zwischen ISO und SAE (Technischer Regelsetzer) die Zusammenarbeit beider Organisationen. Sie ermöglicht die Erstellung gemeinsamer Normen im Fahrzeugbereich und verbessert die Akzeptanz und Anwendung internationaler Normen von ISO und IEC in den USA. Eine erste Zusammenarbeit erfolgt seit 2017 im Rahmen der Erstellung der ISO/SAE 21434 zum Thema „Road Vehicles - Cybersecurity engineering“.

NORMUNGSAKTIVITÄTEN IM KONTEXT ELEKTROMOBILITÄT

Bereits 2009 wurden erste Normungs- und Standardisierungsarbeiten im Kontext Elektromobilität initiiert oder intensiviert. Derzeit gibt es rund 130 Normen, die die Elektromobilität betreffen. Diese lassen sich dabei in folgende Themenfelder untergliedern:

- Allgemeine Anforderungen;
- Fahrzeugtechnik;
- Ladeschnittstelle;
- Kabelgebundenes Laden von Elektrofahrzeugen;
- Kabelgebundenes Laden mit höheren Ladeleistungen;
- Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen und
- Informations- und Kommunikationstechnologie.

Allgemeine Anforderungen

Zu den allgemeinen Anforderungen im Kontext Elektromobilität gehören die Anforderungen an die fahrzeugseitige Ladeschnittstelle, Anforderungen an Ladeinfrastruktur und Ladeschnittstellen, elektromagnetische Verträglichkeit und einheitliche grafische Symbole. Die fahrzeugseitigen sicherheitstechnischen Anforderungen an den Anschluss an eine externe Stromversorgung werden in der ISO 17409 festgelegt. Die erste Ausgabe dieser Norm wurde bereits Ende 2015 veröffentlicht und wird bis 2020 kontinuierlich an die technischen Innovationen angepasst. Eine weitere wichtige Norm ist die IEC 61851-1, in der allgemeine Anforderungen an kabelgebundene Ladesysteme beschrieben werden. Auch diese Norm wird kontinuierlich angepasst, um so den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik für den Anwender sicherzustellen.

Fahrzeugtechnik

Die Normung im Bereich der Fahrzeugtechnik befasst sich u. a. mit dem elektrischen Antrieb, Energiespeichern und dem Hochvolt-Bordnetz. Die Anwendung von Elektromotoren ist aus unterschiedlichen Industriezweigen bekannt. Durch den Einsatz von Elektromotoren für den Fahrzeugantrieb sind beispielsweise auch dafür spezielle Anforderungen zu definieren. Diese fließen in die ISO 21782 ein, welche Prüfanforderungen für Komponenten des elektrischen Antriebs festlegt. Eine weitere Fahrzeugtechnik-Norm im Kontext Elektromobilität ist die DIN 91252. Mit dem Ziel die Kosten für Batterie-

zellen zu senken, listet diese die von der Fahrzeugindustrie verwendeten Abmessungen von Lithium-Ionen-Zellen auf und spezifiziert Lage und Festigkeit der Anschlüsse. Ein noch offenes Themenfeld zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit ist die Normung und Standardisierung für das ressourcenschonende Recyceln von Batteriesystemen.

Ladeschnittstelle

Dem Kunden stehen bereits heute zum Laden unterschiedliche, standardisierte Lademöglichkeiten zur Verfügung, die ein länderübergreifendes, interoperables Laden von Elektrofahrzeugen ermöglichen. Die NPE empfiehlt für das kabelgebundene Laden das Combined Charging System CCS, welches im Wesentlichen das AC-Laden, das DC-Laden und die dazugehörige Kommunikationsschnittstelle zwischen Elektrofahrzeug und Ladestation beschreibt. Die Normung für Steckvorrichtungen und Kommunikation des CCS wurde bereits abgeschlossen und in der EU-Richtlinie 2014/94/EU zum Aufbau der Ladeinfrastruktur als Mindeststandard festgeschrieben. Die dazugehörigen Normen sind IEC 61851-1, IEC 61851-23, IEC 62196-1 bis -3 und ISO 17409.

Kabelgebundenes Laden von Elektrofahrzeugen

Die Basisnormung zum kabelgebundenen Laden mit Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC) ist abgeschlossen und ermöglicht dem Kunden Interoperabilität und schafft zudem Investitionssicherheit. Die allgemeinen sicherheitstechnischen Anforderungen für die Ladeinfrastruktur werden bspw. in der Norm IEC 61851-1 beschrieben. Neben den benötigten standardisierten Anforderungen an technische Komponenten, wie z. B. die Ladesäule, ist eine standardisierte Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur erforderlich. In der Normenreihe ISO 15118 werden die Hardware, der Ablauf und das Protokoll zur Kommunikation für verschiedene Anwendungsszenarien spezifiziert. Dazu gehören unter

anderem das Lastmanagement, die automatische Authentifizierung des Kunden und die Datenübertragung zur Rechnungserstellung.

Kabelgebundenes Laden mit höheren Ladeleistungen

Um eine bessere Langstreckentauglichkeit von Elektrofahrzeugen sicherzustellen, werden schnell aufladbare Batteriesysteme mit höheren Kapazitäten benötigt. Die Ladeleistung wird in den zugehörigen Normen auf 400 kW angehoben. Technologisch bringt dies jedoch einige Herausforderungen mit sich. Um das Laden mit höheren Ladeleistungen zu ermöglichen, müssen daher verschiedene Normen überarbeitet oder neu erstellt werden. Beispielsweise sollen die Steckvorrichtungen nicht größer und schwerer werden, um eine bequeme Handhabung zu ermöglichen. Dafür wird derzeit auf internationaler Ebene die IEC 62196-3-1 erarbeitet.

Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen

Das kabellose Laden von Elektrofahrzeugen ist eine weitere Möglichkeit die Elektromobilität kundenfreundlicher zu gestalten. Auch hier werden daher Normen und Standards erarbeitet. Ein Normungsthema ist die Erarbeitung eines standardisierten Ablaufs zur Fahrzeugpositionierung bis hin zur Feinpositionierung über der infrastrukturseitigen Ladeeinrichtung und die anschließende Steuerung der Energieübertragung (IEC 62980-2). Dadurch wird sichergestellt, dass jedes Fahrzeug, welches die Technologie anbietet, kabellos an einem Ladepunkt laden kann.

Informations- und Kommunikationstechnologie

Um die Elektromobilität durch Normung und Standardisierung zu unterstützen sind auch Anforderungen an die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) festzulegen. Sie steuert das Laden an zugänglichen Ladepunkten und ermöglicht die Kommunikation der Elektrofahrzeuge mit intelligenten Stromnetzen (Smart Grid) und dem intelligenten priva-

ten Haushalt (Smart Home). Die meisten Anforderungen werden ebenfalls in der ISO 15118 Reihe festgelegt. Zu den Themen Authentifizierung, Metering für DC-Laden, Abrechnung, sowie zur Position und Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur müssen Normungs- und Standardisierungsaktivitäten eingeleitet werden.

Alle Normen rund um das Thema Elektromobilität finden Sie unter: www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/elektromobilitaet/normen-und-standards

NORMUNGS- UND STANDARDISIERUNGS-AKTIVITÄTEN IM RAHMEN VON FÖRDERPROJEKTEN

Derzeit gibt es zur Förderung der Elektromobilität eine Vielzahl von Aktivitäten, neben Pilot- und Modellprojekten werden auch Forschungsprojekte in verschiedenen Themenfeldern durchgeführt. Eines der geförderten Projekte ist EmoStar²K „Förderung der Elektromobilität durch Standardisierung, Koordination und Stärkung der öffentlichen Wahrnehmung“. Das Verbundprojekt zwischen DIN, DKE und NAAutomobil (VDA) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert und läuft bis Ende 2019. Der Ansatz von EmoStar²K besteht darin, die führende Rolle Deutschlands bei der Festlegung von Normen und Standards für Elektromobilität durch geeignete koordinierte Maßnahmen, die Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit und die gezielte Unterstützung der deutschen Industrie und Forschungseinrichtungen zu stärken.

Folgende Hauptaufgaben werden dabei von den Verbundpartnern betreut und durchgeführt:

- Umsetzung der deutschen Normungsstrategie Elektromobilität und daraus resultierender spezifischer Maßnahmen
- Initiierung und Umsetzung von Standardisierungsprojekten, z. B. für die Ladeinfrastruktur

- Durchführung normungsbegleitender Maßnahmen, z. B. Entwicklung von Prüfmethoden in der Kraftfahrzeugtechnik
- Umsetzung von Kommunikationsmaßnahmen, z. B. Teilnahme oder Organisation von Workshops/ Konferenzen zur Vernetzung und Identifizierung von Standardisierungsbedarfen

Erfahren Sie mehr über das Projekt und die aktuell geförderten Teilprojekte: www.emostar2k.de

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AA Arbeitsausschuss

AK Arbeitskreis

ANSI American National Standards Institute

BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

CCS / Combined Charging System

CEN / Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)

CENELEC Comité Européen de Normalisation Électrotechnique (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung)

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

EN / Europäische Norm

ETSI European Telecommunications Standards Institute (Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen)

GAK Gemeinschaftsarbeitskreis

IEC International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission)

ISO International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)

ITU International Telecommunication Union (Internationale Fernmeldeunion)

NA Normenausschuss

NPE Nationale Plattform Elektromobilität

SAC Standardization Administration of China

SAE Society of Automotive Engineers

SC Subcommittee (Unterkomitee)

TC Technical Committee

UK Unterkomitee

VDA Verband der Automobilindustrie e. V.

ELEKTROCHEMISCHE ENERGIESPEICHER IN ELEKTRISCH ANGETRIEBENEN FAHRZEUGEN

Prof. Dr.-Ing. Julia Kowal
Elektrische Energiespeichertechnik, TU Berlin,
Einsteinufer 11, 10587 Berlin

Lithium-Ionen-Batterien wurden in den 1980er Jahren entwickelt und werden seit den 1990er Jahren in vielen Anwendungen verbaut. In batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen und in Hybridfahrzeugen werden heute fast ausschließlich Lithium-Ionen-Batterien als Antriebsbatterie verwendet.

In diesem Beitrag werden verschiedene Aspekte der Forschung und Anwendung von Lithium-Ionen-Batterien in Elektrofahrzeugen beschrieben. Es wird der Aufbau und die Funktionsweise von Lithium-Ionen Zellen erklärt und auf die verwendeten Materialien eingegangen. Elektrochemische Reaktionen sind wie andere chemische Reaktionen stark von der Temperatur abhängig und führen langfristig zu einer Alterung, deshalb ist beides auch für den Betrieb von Batterien sehr wichtig ebenso wie die Sicherheit. Es wird das Ladeverfahren vorgestellt und es werden verschiedene Aspekte der Nutzung im Fahrzeug sowie der Nachnutzung in stationären Anwendungen betrachtet. Im Anschluss werden Forschungsaktivitäten in Bezug auf neue Batterietechnologien be-

schrieben und es wird auf den Kompetenzaufbau in Deutschland eingegangen. Bevor zum Schluss einige für Batterien gebräuchliche und in diesem Beitrag verwendete Begriffe erklärt werden, wird der Inhalt des Beitrags zusammengefasst.

AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE

Abbildung 1 zeigt den Aufbau und die Vorgänge beim Entladen einer Lithium-Ionen-Batterie. Die verwendeten Materialien sind in Tabelle 1 aufgelistet. Beide Aktivmassen bilden geschichtete Kristallstrukturen, die auch in Abbildung 1 durch die waagerechten Striche bzw. Kreise angedeutet sind.

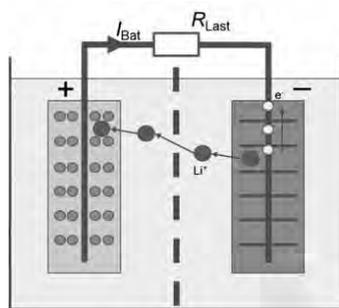


Abbildung 1: Aufbau und Entladeprozess einer Lithium-Ionen-Batterie

Stromableiter positive Elektrode	Aluminium
Stromableiter negative Elektrode	Kupfer
Aktivmasse positive Elektrode	Meistens Lithium-Metalloxid oder -phosphat, z.B. LiCoO_2 (Lithium-Cobalt-Oxid) oder LiFePO_4 (Lithium-Eisen-Phosphat)
Aktivmasse negative Elektrode	Meistens Graphit
Elektrolyt	Organisches Lösungsmittel mit Leitsalz
Separator	Kunststoff oder Keramik
Gehäuse	Metall, oft Aluminium oder Stahl

Tabelle 1: Typische Materialien einer Lithium-Ionen-Batterie

Die in Lithium-Ionen-Batterien ablaufenden Reaktionen verändern die Elektroden nicht so stark wie bei anderen Batterietechnologien, deshalb sind Lithium-Ionen-Batterien vergleichsweise langlebig und zyklenfest. Es gibt keine direkten Reaktionsprodukte, sondern die Reaktion besteht aus einem Ein- und Ausbauen von Lithium in die Kristallgitter der positiven und negativen Elektrode. Diesen Vorgang nennt man Interkalation. Beim Entladen werden Lithium-Ionen aus der negativen Aktivmasse (Graphit) ausgebaut. Die Lithium-Ionen werden durch den Elektrolyten und Separator zur positiven Elektrode transportiert und dort eingebaut. Mit jedem ausgebauten Lithium-Ion entsteht an der negativen Elektrode ein Elektron, das über den Stromableiter und die angeschlossene Last zur positiven Elektrode fließt und sich dort wieder mit einem Lithium-Ion im Kristallgitter verbindet. Der Ladevorgang passiert umgekehrt: Durch den Ladestrom fließen Elektronen von der positiven über das Ladegerät in die negative Elektrode. Lithium-Ionen werden aus der positiven Elektrode ausgebaut, zur negativen Elektrode transportiert und dort eingebaut.

MATERIALFORSCHUNG

Wie in Tabelle 1 erkennbar, gibt es vor allem für die Aktivmassen mehrere mögliche Materialien mit teilweise sehr unterschiedlichen Eigenschaften. Deshalb ist und bleibt die Entwicklung und das Erproben neuer Aktivmaterialien ein wichtiger Teil der Forschung an Lithium-Ionen-Batterien. Beim Aktivmaterial der positiven Elektrode gibt es die größte Auswahl. Als Lithium-Metalloxide werden vor allem Lithium-Cobaltoxid, Lithium-Nickeloxid, Lithium-Mangan-Spinell und Lithium-Aluminiumoxid bzw. Mischungen aus diesen vier Materialien verwendet. Besonders häufig verwendet wird zurzeit die Mischung aus jeweils einem Drittel Lithium-Cobaltoxid, Lithium-Nickeloxid und Lithium-Mangan-Spinell, die sogenannte Drittelmischung oder auch NMC111 genannt. Auch eine Mischung

aus Lithium-Cobaltoxid, Lithium-Nickeloxid und Lithium-Aluminiumoxid, abgekürzt NCA, wird gerne verwendet. Daneben gibt es noch Lithium-Metallphosphate wie Lithium-Eisenphosphat. Alle haben unterschiedliche Eigenschaften bezüglich Kosten, Sicherheit, Lebensdauer sowie Energie- und Leistungsdichte, also wieviel Energie gespeichert bzw. Leistung abgerufen werden kann pro Gewicht oder Volumen (s. auch Abschnitt 8.4). Durch geschickte Mischungskombinationen können die Eigenschaften in die eine oder andere Richtung optimiert werden. Aktuelle Forschung und Entwicklung geht vor allem in Richtung Reduktion des Cobaltanteils, da Cobalt einen Engpass in der Verfügbarkeit darstellen könnte, die Kosten im Vergleich zu den anderen Materialien hoch sind und auch der Abbau von Cobalt umwelt- und gesundheitsschädlich ist. Dies wird aktuell durch Erhöhung des Nickelanteils versucht, mit den Mischungsverhältnissen wie NMC822 oder NMC611. Die Zahlen geben dabei den Anteil des jeweiligen Metalls an.

An der negativen Elektrode können neben Graphit auch andere Materialien verwendet werden, am populärsten sind aktuell Lithiumtitanat oder Silizium. Zellen mit Lithiumtitanat als negative Elektrode sind kommerziell verfügbar, sie werden oft mit LTO abgekürzt. Silizium hat den Nachteil, dass die Einlagerung von Lithium das Volumen des Aktivmaterials um den Faktor vier vergrößert, was eine große Herausforderung für die Produktionstechnik darstellt. Da Silizium aber viel mehr Lithium aufnehmen kann und damit im gleichen Gewicht und Volumen viel mehr Energie gespeichert werden kann, ist es ein interessantes Material für die Forschung. Auch Mischungen aus Graphit und Silizium werden untersucht und sind teilweise auch in kommerziellen Zellen bereits verfügbar. Prinzipiell wäre auch reines Lithium als Elektrode möglich, was die Energiedichte deutlich erhöhen würde, aber einige Nachteile in Bezug auf Lebensdauer und Sicherheit hat.

Auch beim Elektrolyt und bei den Separatoren gibt es Möglichkeiten, durch Verwendung anderer Materialien die Eigenschaften zu verbessern. Beim Elektrolyt geht die Forschung dahin, zum einen durch Wahl anderer Materialien höhere Zellspannungen erreichen zu können und zum anderen den bisher flüssigen Elektrolyten durch einen Feststoff zu ersetzen. Der Feststoff hat den Vorteil, dass einige Alterungsprozesse weniger oder gar nicht auftreten, wodurch es prinzipiell auch möglich würde, Lithium als negative Elektrode einzusetzen. Gleichzeitig haben Feststoffelektrolyte aber eine schlechtere Leitfähigkeit und die Herstellung der Zellen wird komplizierter.

Die Aufgabe des Separators ist es einen Kurzschluss zwischen positiver und negativer Elektrode zu verhindern, aber gleichzeitig den Ionentransport nicht zu sehr zu behindern. Verschiedene Materialien und Beschichtungen können diese Eigenschaften verändern.

Thermisches Verhalten und Alterung

Die Temperatur hat einen sehr großen Einfluss auf alle Batterien und so auch auf Lithium-Ionen-Batterien, weil chemische Reaktionen meistens bei höheren Temperaturen schneller ablaufen. Daraus folgt einerseits, dass die Lade-/Entladereaktion schneller abläuft und damit bei gleicher Spannung größere Ströme (und größere Leistungen) möglich sind und die entnehmbare Kapazität größer wird. Andererseits bedeutet es aber auch, dass die Batterie schneller altert, weil auch ungewollte Reaktionen, die die Kapazität langfristig reduzieren, schneller ablaufen. Daher sollten Batterien nicht bei zu hohen Temperaturen gelagert und betrieben werden. Im Datenblatt finden sich normalerweise ein Temperaturbereich, in dem die Batterie dauerhaft betrieben werden darf, und eine Lebensdauer unter Nennbedingungen. Als Faustformel gilt folgendes: Je Temperaturerhöhung um 10 °C halbiert sich

die Lebensdauer. Wenn also die Lebensdauer bei Nenntemperatur (z.B. 25 °C) 10 Jahre beträgt, kann sie für 10 °C mehr (im Beispiel 35 °C) zu 5 Jahre angenommen werden und für 20 °C mehr (45 °C) nur noch 2,5 Jahre. Diese Faustformel ist aus dem sogenannten Arrhenius-Gesetz abgeleitet, wonach sich die Reaktionsgeschwindigkeit von chemischen Reaktionen je 10 °C Temperaturerhöhung verdoppelt.

Neben der Umgebungstemperatur hat auch die Belastung einen Einfluss auf die Batterietemperatur. Bei Stromfluss durch Laden oder Entladen erwärmt sich die Batterie. Dabei gilt: je größer der Strom, desto größer die Erwärmung, unabhängig davon, ob geladen oder entladen wird. Falls die Batterie nicht entsprechend gekühlt wird, sorgt also auch ein großer Strom für eine schnellere Alterung.

Die Alterung von Batterien kann in zwei verschiedene Arten unterteilt werden: Die kalendarische Alterung beschreibt die Alterung ohne Benutzung, während die Zyklenalterung die Alterung durch Benutzung darstellt. Beide überlagern und beeinflussen sich. Folgen jeglicher Alterung sind ein Absinken der verfügbaren Kapazität und ein Anstieg des Innenwiderstands mit zunehmender Alterung. Das Ende der Lebensdauer wird über das Erreichen einer vorher festgelegten minimalen Kapazität oder eines maximalen Widerstands bestimmt. Die Kapazität ist geräuschlicher, aber schwerer im Betrieb zu bestimmen. Häufig wird für Fahrzeugbatterien das Absinken der Kapazität auf 80 % der Anfangskapazität als Lebensende definiert. Da die Batterien aber auch danach noch weiter benutzbar sind, nur nicht mehr die gewünschte Reichweite ermöglichen, wird vielfach über eine Nachnutzung solcher Batterien in einer sogenannten Second-Life-Anwendung diskutiert. Solche Anwendungen und was dabei beachtet werden muss, wird in Abschnitt 7 beschrieben.

Die kalendarische Alterung wird, wie oben beschrieben, durch die Temperatur beeinflusst. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Spannung bzw. der Ladezustand. Er ist allerdings je nach Batterietechnologie unterschiedlich. Bei Lithium-Ionen-Batterien gilt meistens: Je höher die Spannung / der Ladezustand, desto schneller ist die Alterung. Daher ist ein dauerhafter Betrieb von Laptops oder Mobiltelefonen am Netz und damit bei ständiger Ladung negativ für die Lebensdauer der Batterie. Allerdings ist vor allem das dauerhafte Verweilen im komplett vollgeladenen Zustand schlecht für die Lebensdauer, ein Beenden des Ladevorgangs und Halten bei z.B. nur 90 % hat weitaus weniger schlechte Auswirkung auf die Lebensdauer. Da dieser Umstand inzwischen weitläufig bekannt ist, wird in vielen Anwendungen und vor allem auch vielen Elektrofahrzeugen der obere Ladezustandsbereich dem Nutzer gar nicht freigegeben.

Die Zyklenalterung hat weitaus mehr Einflussfaktoren. Die wichtigsten sind dabei die Stromstärke und die Zyklientiefe, also wieviel der Kapazität in einer Entladung entnommen wird. Die Stromstärke wirkt vor allem indirekt darüber, dass größere Ströme die Batterie stärker erwärmen und das wiederum zur kalendarischen Alterung beiträgt. Es ist aber auch so, dass durch höhere Ströme Alterungsprozesse verstärkt werden. Bei der Zyklientiefe gilt allgemein, dass die Batterie weniger stark altert, je kleiner die Zyklen sind, auch wenn der Wert auf die gleiche genutzte Kapazität bezogen wird. Eine Batterie wird also weniger altern, je kleiner der für die Anwendung freigegebene Anteil der Kapazität ist. Sollen z.B. 50 Ah genutzt werden, wird eine Batterie, die genau diese 50 Ah hat, deutlich schneller altern und muss schneller ausgetauscht werden als eine Batterie mit z.B. 100 oder 500 Ah. Es ist allerdings dagegen zu rechnen, dass eine Batterie mit 100 oder 500 Ah natürlich auch deutlich mehr in der Anschaffung kostet als eine 50 Ah Batte-

rie und deutlich mehr Gewicht und Volumen hat, was eine Überdimensionierung vor allem im Fahrzeugbereich stark einschränkt.

Die ablaufenden Alterungsprozesse finden vor allem an den Aktivmaterialien statt, aber auch die Stromableiter und der Elektrolyt können sich verändern. Dabei handelt es sich meistens um die Reaktion der Materialien untereinander oder um Ablagerungen auf den Elektroden. Die beiden in der Praxis wichtigsten Alterungsmechanismen, SEI-Wachstum und Lithium-Plating finden an der negativen Graphitelektrode statt. Sie werden im Folgenden beschrieben:

SEI steht für Solid Electrolyte Interphase, also eine Schicht zwischen Feststoff (Graphit) und Elektrolyt. Diese Schicht besteht aus Verbindungen von Lithium mit Anteilen aus dem Elektrolyten. Sie entsteht bei der ersten Ladung der Zelle und wächst im Betrieb immer weiter. Je dicker die Schicht, desto größer wird der Innenwiderstand der Zelle. Da die Schichtbildung auch Lithium benötigt, geht beim Wachstum auch Lithium verloren, was die Kapazität reduziert. Das Wachstum wird vor allem durch hohe Temperaturen und Ladezustände begünstigt; d.h. die kalendarische Alterung hat vor allem SEI-Wachstum zur Folge. Aber auch große Ströme und große Zyklientiefen können die SEI beeinflussen, da sie für ein Aufbrechen und Neubilden der Schicht sorgen können.

Lithium-Plating bedeutet ein Ablagern von metallischem Lithium unterhalb der SEI. Das kann beim Laden bei tiefen Temperaturen und hohen Strömen passieren. Dabei ist vor allem die Kombination aus Temperatur und Strom entscheidend. Je nach Temperatur gibt es einen Grenzstrom, ab dem Plating stattfindet. Je tiefer die Temperatur desto kleiner der Grenzstrom. Dieser Grenzstrom ist aber auch vom Aufbau und den verwendeten Materialien abhängig und kann sich auch über die Benutzung der Zelle ändern. Da vor allem tiefe Temperaturen ein Risiko darstel-

len, ist das Laden bei tiefen Umgebungstemperaturen betroffen. So wird in den meisten Elektrofahrzeugen das Laden nur oberhalb von z.B. 0 °C oder 10 °C erlaubt. Unterhalb der genannten Temperaturbereiche muss die Zelle erst durch eine Heizung oder durch Entladen erwärmt werden, wobei das Entladen unkritisch ist.

SICHERHEIT

Aufgrund ihrer großen gespeicherten Energie und der immer anliegenden Gleichspannung, müssen einige Sicherheitsvorkehrungen beim Betrieb von Batterien getroffen werden. Es gibt verschiedene Gefahrenpotentiale, die je nach Batterietechnologie unterschiedlich ausgeprägt sind.

Für alle Batterien gilt, dass sie generell nicht spannungsfrei¹ sind. Einzelzellspannungen von Lithium-Ionen-Zellen liegen im Bereich 2,5 - 4,5 V und stellen damit an sich keine Gefahr dar. Bei Reihenschaltungen von mehreren Zellen sind ab 60 V größere Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Bei einem versehentlichen Kurzschluss, z.B. mit einem nicht isolierten Werkzeug, kann aber je nach Größe auch schon bei einzelnen Zellen ein sehr großer Strom fließen, der vor allem durch die große entstehende Wärme eine Gefahr durch Verbrennungen darstellt.

Lithium-Ionen-Batterien haben zusätzlich ein erhöhtes Gefahrenpotential, da im Gegensatz zu anderen Technologien eine Überladereaktion fehlt, die bei falschem Betrieb die Energie aufnimmt. Kommt es zu einer Überladung oder einer zu großen Wärmeentwicklung, kann die Batterie sehr warm werden und im Extremfall explodieren, wenn nicht im Zelldesign Sollbruchstellen vorgesehen werden. Dieses Fehlen einer Überladereaktion bedeutet, dass Spannung, Strom und Temperatur jeder einzelnen Zelle sehr

genau überwacht und begrenzt werden müssen. Dies erfordert ein aufwändiges Batteriemanagementsystem. Große Rückrufaktionen von Laptop- und Handyakkus sowie Brände in Flugzeugen oder von Elektroautobatterien haben in der Vergangenheit die Wichtigkeit von gutem Zelldesign und Batteriemanagement demonstriert.

Eine zentrale Rolle spielt dabei auch das Ladegerät und das Ladeverfahren, welches im nächsten Abschnitt beschrieben wird.

LADEVERFAHREN

Abbildung 2 zeigt schematisch den Verlauf von Strom und Spannung beim sogenannten IU-Ladeverfahren, das einzige mögliche Ladeverfahren bei Lithium-Ionen-Batterien. Zunächst wird mit einem konstanten Strom geladen bis die Ladeschlussspannung erreicht wird. Daher kommt das I im Namen. Dann wird die Spannung noch für einige Zeit oder bis ein festgelegter minimaler Strom erreicht wird konstant gehalten, daher das U im Namen. Da aus Sicherheitsgründen sowohl Strom als auch Spannung bei Lithium-Ionen-Batterien in engen Grenzen gehalten werden müssen, stellt dieses Ladeverfahren beides sicher.

Dabei ist es egal, in welchem Ausgangsladestadium sich die Batterie befindet, da das Ladeverfahren unabhängig von der eingeladenen Ladungsmenge bis zu der vorgegebenen Ladespannung lädt. Daher ist (im Gegensatz zu vielen nickelbasierten Batterien, die meist ein anderes Ladeverfahren verwenden, das auf einer bestimmten Ladungsmenge basiert) eine Entladung vor einer Vollladung nicht nötig und würde nur zu einer zusätzlichen Alterung der Batterie führen.

Das bisher beschriebene Ladeverfahren stellt die Normalladung dar. Sie dauert mehrere Stunden und ist die einzige Möglichkeit, eine Lithium-Ionen-Zelle vollständig zu laden. Beschleunigen lässt sich nur die erste Phase

¹ Tatsächlich kann man alle Batterien auf 0 V entladen, was sie allerdings in der Regel dauerhaft schädigt und daher vermieden werden sollte.

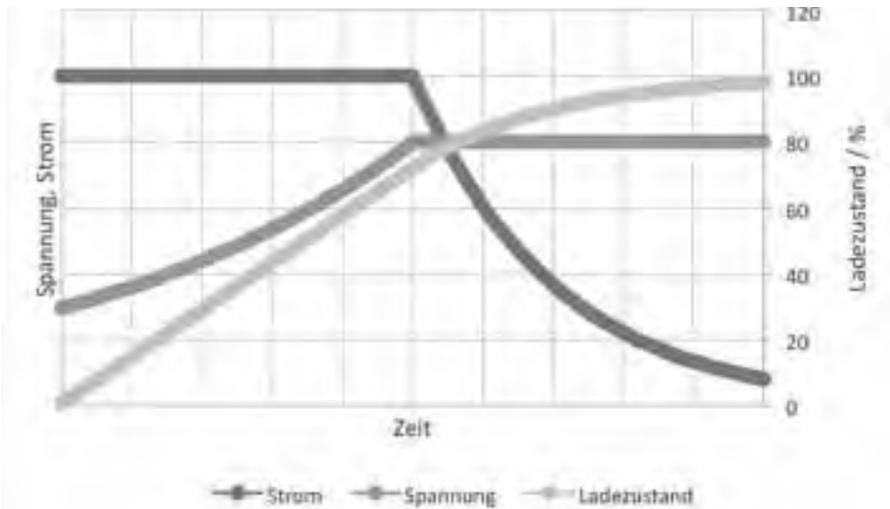


Abbildung 2: Schematischer Verlauf von Strom, Spannung und Ladezustand über der Zeit beim IU-Ladeverfahren

mit dem konstanten Strom. Wird der Strom in dieser Phase erhöht (in den zulässigen Grenzen), verkürzt sich diese Phase. Die in dieser Phase eingeladene Lademenge lässt sich über das Produkt aus Strom und Zeitdauer berechnen. Wird der Strom erhöht, verkürzt sich die Zeit, in der die gleiche Ladungsmenge in die Zelle geladen wird. Die zweite Phase lässt sich allerdings nicht verkürzen, sie dauert typischerweise eine bis drei Stunden und wird meistens entweder nach Ablauf einer bestimmten Zeit oder durch Erreichen eines minimalen Stroms beendet.

Die sogenannte Schnellladung, die bei vielen batteriebetriebenen Werkzeugen etc. angewandt wird und auch für Elektrofahrzeuge teilweise angeboten wird, bricht die Ladung nach der ersten Phase ab und verzichtet auf die Konstantspannungsphase. In der ersten Phase wird ein möglichst hoher Strom verwendet, um die Zeit möglichst kurz zu halten. Das bedeutet bei Fahrzeugen einen großen Installationsaufwand für die Ladesäule, da

die typischerweise verwendeten Ströme nicht mehr mit einem normalen einphasigen Anschluss erreicht werden können, sondern eine höhere Leistung durch einen Drehstromanschluss notwendig ist. Außerdem müssen aufgrund der hohen Ströme sowohl Batterie als auch Ladeelektronik stark gekühlt werden. Beides entfällt bei Werkzeugen, da die Batterien und damit auch die Leistung deutlich kleiner sind. Betrachtet man den Ladezustandsverlauf in Abbildung 2, fällt auf, dass am Ende der ersten Phase der Ladezustand nur etwas unter 80 % beträgt. Je nach Zelle und verwendeter Stromstärke kann der Ladezustand auch etwas höhere Werte erreichen, aber selten über 85 %. Schnellladung lädt also die Batterie nicht komplett auf, aber dieser Nachteil wird bei Fahrzeugen gerne in Kauf genommen, weil die Reichweite in der Regel trotzdem für die nächste Fahrt ausreicht und die Ladung dann nicht so lange dauert. Oft wird dieser Bereich aufgrund der sonst stark beschleunigten Alterung ohnehin nicht freigegeben. Die Auswirkung einer

Schnellladung auf die Alterung wird immer wieder diskutiert und untersucht. Einerseits verursachen die hohen Ströme eine verstärkte Alterung, andererseits trägt der niedrigere Ladezustand am Ende der Ladung zu einer geringeren Alterung bei (s. Abschnitt 3).

NUTZUNG VON BATTERIEN IM FAHRZEUG

Es gibt zwei Aufgaben von Batterien in Fahrzeugen: 1) Die Bereitstellung von Energie und Leistung zum Fahren und Beschleunigen sowie die Aufnahme von Bremsenergie. Diese Aufgabe wird von Traktionsbatterien übernommen. 2) Die Versorgung des Bordnetzes und den Start des Verbrennungsmotors, soweit diese vorhanden sind. Diese Aufgabe übernimmt die Starterbatterie oder Bordnetz-batterie.

Traktionsbatterien sind heute nahezu ausschließlich Lithium-Ionen-Batterien. Verwendet werden meistens NMC (Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Oxid mit Graphit) Zellen, aber auch andere Materialkombinationen, die zu größeren Modulen und Packs zusammengesaltet werden. Da eine Zelle nur ca. 4 V hat, sind Reihenschaltungen notwendig. Typische Spannungen liegen im Bereich von mehreren 100 V. Weiterhin werden meistens auch Parallelschaltungen verwendet, zum einen, um eine höhere Ausfallsicherheit zu bekommen und zum anderen, um die Kapazität der Gesamtbatterie und damit die Energie zu erhöhen. Die Kapazität könnte auch durch größere Zellen erreicht werden, die allerdings meistens schwerer zu kühlen sind.

Zur Sicherstellung eines sicheren Betriebs ist es bei Lithium-Ionen-Batterien unerlässlich, ein Batteriemanagementsystem (BMS) einzusetzen, das Strom, Spannung und Temperatur jeder Zelle überwacht. Insbesondere ist das auch bei Traktionsbatterien notwendig und wichtig, um die Sicherheit während der Fahrt und im Stillstand zu gewährleisten. Das BMS hat dabei zum einen die Auf-

gabe, von jeder Zelle Strom, Spannung und Temperatur zu erfassen und zum anderen, daraus den Zustand der Batterie abzuleiten und wenn nötig Maßnahmen vorzunehmen und Meldungen an die Fahrzeugsteuerung zu senden. Der Batteriezustand besteht aus dem Ladezustand SOC und dem Alterungszustand SOH (s. Abschnitt 8.2), aber auch der Überprüfung, ob bestimmte Funktionen aktuell genutzt werden können, z.B. ob ein Motorstart möglich wäre, wie viel Beschleunigungs- oder Bremsleistung möglich sind etc. Letzteres wird häufig unter SOF (state of function) oder SOAP (state of available power) zusammengefasst. Alle Zustände werden aus den gemessenen Größen bestimmt, was aber häufig nicht ganz einfach ist und deshalb durch Simulationsmodelle und Verfahren der künstlichen Intelligenz unterstützt wird. Maßnahmen durch das BMS können beispielsweise sein, dass die verfügbare Leistung bei Erreichen eines minimalen Ladezustands oder einer maximalen Temperatur gesenkt wird, oder dass die Kühlleistung aufgrund von zu hoher Temperatur erhöht wird. Da hohe Temperaturen einen großen Einfluss auf die Batterie haben und ein Sicherheitsrisiko darstellen, gehört zu jeder Traktionsbatterie auch eine aktive Kühlung und evtl. auch Heizung (um das Laden bei niedrigen Temperaturen zu ermöglichen) mit entsprechendem Thermomanagement. Eine weitere Komponente, die durch das BMS gesteuert wird, ist der Zellausgleich oder auch Balancing. Da die verbauten Zellen aufgrund von Herstellungstoleranzen oder durch unterschiedliche Alterung innerhalb eines Batteriepacks Unterschiede aufweisen, ist es unvermeidbar, dass sich Ladezustandsunterschiede ergeben, die dazu führen, dass nicht mehr die komplette Kapazität des Verbunds genutzt werden kann. Dies kann durch den Zellausgleich behoben werden, indem die einzelnen Zellen untereinander im Ladezustand angeglichen werden. In der Regel wird dafür ein sogenanntes passives Ausgleichssystem verwendet, das die Zellen, die einen

höheren Ladezustand haben, über einen Widerstand leicht entlädt bis die anderen sich angeglichen haben. Dabei geht Energie verloren. Alternativ kann ein aktives Ausgleichssystem verwendet werden, das die Energie in Zellen mit einem niedrigeren Ladezustand umleitet, was aber deutlich teurer ist und deshalb seltener eingesetzt wird.

Starter- oder Bordnetz Batterien sind nach wie vor in fast allen Fällen Bleibatterien, es wird aber auch intensiv daran gearbeitet, sie durch Lithium-Eisenphosphat-Batterien (LFP) zu ersetzen. Diese eignen sich besonders gut, weil sie eine Zellenspannung haben, die gut zu der bisher verwendeten Bordnetzspannung von ca. 14 V passt. Vier LFP-Zellen haben in etwa die gleiche Spannung wie sechs Bleizellen und können damit nahezu ohne weitere Änderungen an der Spannungslage übernommen werden. Der Nachteil der LFP-Zellen, die niedrige Energiedichte im Vergleich zu anderen Lithium-Ionen-Zellen, ist dabei nicht relevant, zum einen weil es bei dieser Aufgabe weniger um hohe Energie geht (eher um hohe Leistungen beim Motorstart sofern ein Verbrennungsmotor vorhanden ist), zum anderen weil auch die Energiedichte von LFP-Zellen trotzdem noch größer ist als die von Bleibatterien. Starterbatterien sind normalerweise auch an ein Batteriemanagementsystem angeschlossen, das über Strom-, Spannungs- und Temperaturmessung den Zustand der Batterie überwacht und an das Fahrzeug weitergibt. So kann z.B. der Start-Stopp-Funktion mitgeteilt werden, ob der Batteriezustand es zulässt, den Motor an der Ampel auszuschalten. Sofern Lithium-Ionen-Batterien verwendet werden, ist zusätzlich eine Einzelzellüberwachung notwendig.

NACHNUTZUNG VON FAHRZEUGBATTERIEN

Wie in Abschnitt 3 beschrieben, sind Fahrzeugbatterien in der Regel bei Erreichen ihres definierten Lebensendes nicht kaputt,

sondern haben lediglich Kapazität und Leistungsfähigkeit verloren. Sie können damit nicht mehr die ursprüngliche Reichweite erreichen und meistens nicht mehr so schnell beschleunigen. Wenn das den Fahrzeugbesitzer nicht stört, spricht normalerweise nichts dagegen, die Batterie auch weiter zu nutzen. Alternativ wird vielfach über eine Nachnutzung von Fahrzeugbatterien in stationären Anlagen diskutiert, in einem sogenannten Second Life. In stationären Anlagen spielen Gewicht und Platz normalerweise eine untergeordnete Rolle, wichtiger ist die verfügbare Energie, die einfach über die Zusammenschaltung von einer passenden Anzahl von Fahrzeugbatterien erreicht werden kann. Weiterhin sind auch die Kosten relevant, so dass solche Nachnutzungsbatterien konkurrenzfähige Preise gegenüber neuen Batterien und auch noch sinnvolle Restlebensdauern haben müssen. Die Bestimmung des Restwerts einer gebrauchten Batterie ist allerdings nicht ganz einfach. Einige Daten könnten aus dem Batteriemanagementsystem ausgelesen werden, wenn es vom Automobilhersteller entsprechend freigegeben wird (was in der Regel nicht der Fall ist). Ansonsten kann die verbleibende Kapazität wirklich sicher nur durch eine vollständige Aufladung und dann komplette Entladung bestimmt werden, was relativ aufwändig ist. Idealerweise müsste das auch mit jeder einzelnen Zelle gemacht werden, da die einzelnen Zellen in einem Batteriepack deutlich unterschiedlich gealtert sein können, z.B. durch unterschiedliche Temperaturen während der Benutzung. Dazu müssten die Zellen erst auseinandergebaut werden, was den Test wiederum aufwändiger macht, da die Zellen häufig verschweißt und verklebt sind. Damit erhöht sich auch der Weiterverkaufspreis und die Nachnutzung wird weniger wirtschaftlich. Weniger aufwändig, aber auch weniger genau, ist eine Vermessung des Innenwiderstands und anschließend Ableitung der Kapazität aus dem Innenwiderstandswert. Es wird daher aktuell nach Methoden gesucht,

wie der Alterungszustand schnell und zuverlässig bestimmt werden kann.

ZUKÜNFTIGE BATTERIETECHNOLOGIEN

In Abschnitt 2 wurde bereits auf die Forschung und Entwicklung in Bezug auf Lithium-Ionen-Batterien eingegangen. Neben der Weiterentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien wird aber auch an vielen anderen Technologien geforscht. Das Ziel für die Elektromobilität aber teilweise auch für andere Anwendungen ist dabei vor allem eine Steigerung der gravimetrischen und volumetrischen Energiedichte (s. auch 9.4), am besten bei gleichen oder geringeren Kosten und höherer Sicherheit. Aktuelle Elektrofahrzeuge erreichen Reichweiten von mehreren hundert Kilometern, gleichzeitig kostet die Batterie bei vielen Fahrzeugen ähnlich viel wie der gesamte Rest des Fahrzeugs, was Elektrofahrzeuge in der Regel merklich teurer macht als herkömmliche Fahrzeuge. Die Kosten für Lithium-Ionen-Zellen fallen derzeit² sehr stark, aber trotzdem werden die Batterien ein relevanter Anteil der Anschaffungskosten bleiben.

Höhere Energiedichten versprechen vor allem Metall-Luft-Batterien, aber auch Lithium-Schwefel-Batterien und Lithium-Feststoff-Batterien, auch „All-Solid-State-Batterien“ genannt. Letztere werden als die nächste folgende marktreife Technologie angesehen, auch wenn es noch viele offene Fragen zu klären gibt und die serienmäßige Einführung vermutlich noch ein paar Jahre dauern wird. Es gibt vereinzelt Hersteller, die solche Zellen bauen, aber sie haben sich bisher nicht durchgesetzt. Auch gibt es immer wieder Ankündigungen von Fahrzeugen mit solchen Zellen. Es gibt verschiedene Ausführungen davon, die unterschiedlich weit entwickelt sind. Sie setzen zunächst dabei an, den flüssigen Elektrolyten der Lithium-Ionen-Batterie durch einen Feststoff zu ersetzen, mit dem

Ziel, die Batterien sicherer und langlebiger zu machen, weil dann SEI-Wachstum und Lithium-Plating und die damit verbundene Kurzschlussgefahr (s. Abschnitt 3) zumindest deutlich reduziert werden, wenn nicht sogar komplett verhindert werden, weil in den Feststoff nichts „hineinwachsen“ kann. Wenn nach wie vor die gleichen Aktivmaterialien verwendet werden, reduziert sich vermutlich allerdings die Energiedichte im Vergleich zu bisherigen Zellen, da der Feststoff schwerer ist. Durch die Reduktion von SEI und Kurzschlussgefahr wird aber erwartet, dass an der negativen Elektrode auch metallisches Lithium anstelle von Graphit verwendet werden kann, was wiederum einen deutlichen Gewinn an Energiedichte bedeuten würde. Aktuell wird aber vor allem am Elektrolyten gearbeitet. Wenn es funktionierende Zellen mit Feststoffelektrolyt und Graphit gibt, wird der Umstieg auf Lithium angegangen.

Lithium-Schwefel-Batterien werden ebenfalls am Markt angeboten, allerdings auch nur von wenigen Herstellern. Fahrzeuge, die damit ausgestattet sind, gibt es nicht. Sie haben an der negativen Elektrode metallisches Lithium und an der positiven Schwefel; der Elektrolyt ist ähnlich zu dem von Lithium-Ionen-Batterien. Aufgrund der Lithium-Elektrode haben sie eine hohe Energiedichte, aber auch Probleme mit möglichen Kurzschlüssen durch Dendritenwachstum³. Auch die Zykluslebensdauer ist bisher noch nicht besonders gut. Sie könnten aber mittelfristig auch für Fahrzeuge interessant werden.

Metall-Luft-Batterien gibt es in Form von nicht wiederaufladbaren Zink-Luft-Batterien schon sehr lange. Sie werden als Knopfzellen für Hörgeräte eingesetzt. Der Aufbau einer Metall-Luft-Batterie ist an der negativen Elektrode ein Metall, z.B. Lithium, Zink, Aluminium etc., und an der positiven Elektrode eine gas-

³ Dendriten sind lange spitze Strukturen, die sich an der Elektrodenoberfläche bilden können. Wenn sie den Separator durchbrechen, kann es zu einem Kurzschluss kommen.

² Stand Januar 2019

durchlässige Membran, durch die Sauerstoff in die Zelle gelangt. Der Elektrolyt ist in der Regel flüssig; bei Zink-Luft meistens Kalilauge, bei Lithium-Luft ein ähnlicher Elektrolyt wie in Lithium-Ionen-Batterien. Der Sauerstoff reagiert mit dem Metall, so dass sich als Reaktionsprodukt ein Metalloxid bildet. Bei den meisten Metallen gibt es allerdings mehrere mögliche Verbindungen mit Sauerstoff, die leider unterschiedlich gut leitfähig und wieder auflösbar sind. Hier liegt eins der bisher weitgehend ungelösten Probleme von Metall-Luft-Batterien, nämlich die Zyklisierbarkeit und Wiederaufladbarkeit. Ein anderes Problem ist, dass für eine gute Zyklisierbarkeit und lange Lebensdauer reiner Sauerstoff verwendet werden muss, was dazu führt, dass ein Sauerstofftank notwendig ist und den Umgang mit der Batterie deutlich komplizierter macht. Prinzipiell ist auch ein Betrieb mit dem Sauerstoff aus der Luft möglich, aber die enthaltene Feuchtigkeit und auch CO_2 sowie weitere Verunreinigungen können die Zelle schädigen bzw. mit den Aktivmaterialien reagieren und damit die verfügbare Kapazität reduzieren. Weiterhin wurden bisher nur Knopfzellen gebaut, eine Konstruktion für größere Zellen ist bisher nicht entwickelt worden. In der Regel haben Metall-Luft-Batterien Löcher für die Zuführung der Gase, was in anderen Zellen bisher nicht nötig und nicht vorhanden ist. Bei allen beschriebenen Problemen besteht noch ein großer Forschungsbedarf, so dass es kurzfristig nicht zu erwarten ist, dass Metall-Luft-Batterien außer als Primärbatterien (nicht wiederaufladbare Batterien), in großem Maße eingesetzt werden.

KOMPETENZAUFBAU

In Deutschland ist in den letzten Jahren sehr viel Kompetenz zu Materialien, Produktion und Betriebsführung bis hin zum Recycling auf- und ausgebaut worden. Einige Bereiche sind allerdings nur an Universitäten und Forschungseinrichtungen vertreten. Unter anderem fehlt es nach wie vor an einem deutschen Zellhersteller - alle anderen Schritte

in der Produktion und Nutzung sind auch in der Industrie vertreten. Insgesamt ist das Thema Batterie von der Herstellung über die Nutzung bis hin zum Recycling sehr interdisziplinär und erfordert viele Kompetenzen aus unterschiedlichen Bereichen wie Materialwissenschaften, Chemie, Physik, Produktionstechnik, Elektrotechnik, Verfahrenstechnik, Maschinenbau etc. Für einen noch besseren Kompetenzaufbau in Deutschland wäre es daher wünschenswert, wenn in allen diesen Studiengängen auch Aspekte von Batterien vorkommen, um Absolventen für die Thematik zu begeistern und auszubilden. Inzwischen gibt es aber auch viele Universitäten und Hochschulen, die sich in verschiedenster Weise mit Batterien beschäftigen und die Themen auch in der Lehre unterbringen.

ZUSAMMENFASSUNG

Lithium-Ionen-Batterien sind zurzeit fast die einzige Batterietechnologie, die in Elektrofahrzeugen eingesetzt wird. Es gibt eine Vielzahl von möglichen alternativen Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften. Im Betrieb ist es wichtig, die vorgegebenen Betriebsgrenzen sehr genau einzuhalten und auch jede einzelne Zelle zu überwachen, da sonst die Sicherheit nicht gewährleistet ist. Das macht den Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien vergleichsweise aufwändig. Durch geschickte weitere Einschränkung des Betriebsbereichs und durch Freigabe oder Beschränkung des Stroms kann gezielt Einfluss auf die Lebensdauer genommen werden. Da Traktionsbatterien meistens nach Absinken der Kapazität auf einen bestimmten Wert, z.B. 80 % der ursprünglichen Kapazität, ausgetauscht werden, die Batterien dann aber noch lange nicht kaputt sind, gibt es Überlegungen, sie in einer weiteren, meist stationären Anwendung weiter zu nutzen. Dazu ist aber vor allem notwendig, schnelle und aussagekräftige Tests zur Ermittlung des Restwerts zu entwickeln. Das Ziel der Batterieforschung geht vor allem in Richtung größere Energiedichte zur Erhöhung der Reichweite.

BEGRIFFSERKLÄRUNGEN

Für Batterien werden verschiedene Definitionen und Begriffe verwendet, die im Folgenden erklärt werden.

Kapazität

In der Batterietechnik wird das Wort Kapazität eigentlich für eine Ladungsmenge verwendet, nämlich die Menge an Ladung, die einer vollgeladenen Batterie durch eine komplette Entladung entnommen werden kann. Sie wird meistens in Amperestunden (Ah) angegeben, als Formelzeichen wird meistens C verwendet. Diese Doppelverwendung führt häufig zu Verwechslungen mit der Kapazität eines Kondensators in Farad (F), was allerdings eine Ladung pro anliegender Spannung ist. Die Kapazität in Farad spielt in der Batterietechnik normalerweise keine Rolle. Die Restladungsmenge Q gibt an, welche Ladungsmenge der Batterie im aktuellen (teilentladenen) Zustand entnommen werden kann. Sie wird analog in Ah gemessen.

Ladezustand, Entladetiefe und Alterungszustand

Der Ladezustand gibt an, wie viel der Gesamtkapazität aktuell in der Batterie vorhanden ist. Als Formelzeichen wird meistens die englische Abkürzung SOC (für State of Charge) verwendet. Er kann aus dem Verhältnis von Q und C oder durch Integration des Stroms berechnet werden:

$$SOC(t) = \frac{Q(t)}{C}$$

$$SOC(t) = SOC(t=0) + \frac{1}{C} \int_0^t I_{\text{ent}}(\tau) d\tau$$

Der Ladezustand wird meistens in % angegeben.

Manchmal wird auch anstelle des Ladezustands die Entladetiefe DOD (engl. Depth of Discharge) verwendet. Sie wird ebenfalls in % angegeben und ist definiert als:

$$DOD(t) = 100\% - SOC(t)$$

Der Alterungszustand beschreibt, wie sich eine gealterte Batterie im Vergleich zu einer neuen Batterie verhält. Auch hier wird die Abkürzung aus dem englischen Begriff abgeleitet: SOH für State of Health, also Gesundheitszustand. Es gibt mehrere Definitionen, am gebräuchlichsten ist die Berechnung wieviel Kapazität die Batterie im vollgeladenen Zustand verglichen mit einer neuen Batterie noch hat:

$$SOH(t) = \frac{C_{\text{aktuell}}}{C_{\text{neu}}}$$

Relative Strombezeichnungen

Die Stromstärke, mit der Batterien geladen oder entladen werden, wird häufig relativ zur Batteriekapazität angegeben, weil sich Batterien unterschiedlicher Größe in der Regel ähnlich verhalten, wenn sie mit dem gleichen relativen Strom (absoluter Strom unterschiedlich hoch skaliert mit der Kapazität) verwendet werden. Eine gängige Definition ist bei Lithium-Ionen-Batterien die sogenannte C-Rate: C steht dabei für die Kapazität der Batterie in Ah. Alle Ströme werden dann relativ zu dem Strom angegeben, mit dem die Batterie in einer Stunde komplett entladen werden kann. Dieser Strom wird 1 C genannt. Setzt man für C den Wert der Kapazität in Ah ein, bekommt man den Strom in A, z.B. für eine Batterie mit 10 Ah ist der Strom 1 C = 10 A. Der doppelte Strom, 2 C (im Beispiel 20 A), entlädt die Batterie entsprechend in einer halben Stunde, während der halbe Strom, $\frac{1}{2}$ C (im Beispiel 5 A), die Batterie in zwei Stunden entlädt.

Energie- und Leistungsdichte

Vor allem bei mobilen Anwendungen wie Elektrofahrzeugen sind Gewicht und Platz stark zu berücksichtigen. Die Kombination aus Energie/Leistung und Gewicht/Platz nennt man Energie- bzw. Leistungsdichte. Mit diesen Größen ist es möglich, diese beiden wichtigen Anforderungen gemeinsam zu

vergleichen. Je nachdem ob auf Masse oder Volumen bezogen wird, bezeichnet man die Größen mit gravimetrisch (auf die Masse bezogen) oder volumetrisch (auf das Volumen bezogen). Die verschiedenen Definitionen und zugehörigen typischen Einheiten sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Gravimetrische Energiedichte	Energie pro Masse, Einheit Wh/kg
Volumetrische Energiedichte	Energie pro Volumen, Einheit Wh/l
Gravimetrische Leistungsdichte	Leistung pro Masse, Einheit W/kg
Volumetrische Leistungsdichte	Leistung pro Volumen, Einheit W/l

Tabelle 2 Bedeutung und Einheiten der verschiedenen Energie- und Leistungsdichten

Die gravimetrische Energiedichte ist relativ gut aus Materialgrößen berechenbar, sie ergibt sich aus dem Produkt aus der Gleichgewichtsspannung und der spezifischen Kapazität der verwendeten Elektroden. Dieses Produkt wird theoretische Energiedichte genannt, weil dieser Wert in der Praxis nicht erreichbar ist.

Für die Berechnung der theoretischen Energiedichte wird nur die Masse der Reaktionspartner angenommen und es wird davon ausgegangen, dass die komplette Masse an der Reaktion teilnimmt. Für reale Zellen und Batteriepacks kommen allerdings weitere Massen hinzu, ohne dass mehr Energie gespeichert werden kann, so dass sich die Energiedichte verringert.

Für eine Zelle kommt als zusätzliche Masse hinzu: die des Elektrolyten, der Stromableiter, Kontakte, des Gehäuses sowie auch überschüssiger Aktivmasse oder Zusätze, die für

die Stabilität der Elektroden notwendig sind, aber nicht zur Energiespeicherung verwendet werden. Als Abschätzung kann man in etwa die theoretische Energiedichte durch drei teilen, um die praktische Energiedichte auf Zellebene zu bekommen.

Für ein Batteriepack erhöht sich die Masse um Zellverbinder, Elektronik und Sensoren für das Batteriemanagementsystem, das Packgehäuse und evtl. ein Kühlsystem. Wiederum erhöht sich die speicherbare Energie nicht, so dass es zu einer weiteren Reduktion der Energiedichte kommt, diesmal um einen Faktor 1,5 bis 2. Insgesamt ergibt sich ein Faktor 4,5 bis 6 zwischen der praktischen Energiedichte eines Batteriesystems und der theoretischen Energiedichte für diese Materialkombination.

Für die häufig in Lithium-Ionen-Batterien verwendete Materialkombination $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ mit Graphit ergibt sich als theoretische Energiedichte 581 Wh/kg, praktisch sind für Zellen etwa 170 - 200 Wh/kg erreichbar und für Batteriepacks etwa 90 - 100 Wh/kg.

Über die praktische Energiedichte lässt sich bei der Auslegung abschätzen, wie schwer eine Batterie wird, die eine gewünschte Energiemenge bzw. eine gewünschte Reichweite liefert.

**ENTWICKLUNGEN FÜR
DIE ENERGIE- UND MOBILITÄTSWENDE**

ELEKTROMOBILE ARBEITSWELT: AGILITÄT IN METHODEN UND INNERER HALTUNG

Katharina Daniels

Kommunikationsberaterin und Publizistin

WIE (TRANSPORT-) MOBILITÄT UN- TERNEHMEN UND MITARBEITER FOR- DERT - UND CHANCEN ERÖFFNET

Bewegung ist ein Motor menschlicher Entwicklung. Jäger und Sammler sicherten sich ihr Überleben durch organische Fortbewegung und Geschicklichkeit, die Wanderungsbewegungen unserer Vorfahren schufen neue Kulturen. Mobilität bedeutet die Kultivierung von (Fort-)Bewegung; Tiere als „Instrument“, um rascher oder auch bequemer von A nach B zu gelangen, waren dabei eine erste zivilisatorische Errungenschaft. Kombiniert mit den komplementären Erfindungen wie Rad, Kumet und Wagen begann die Verkehrsentwicklung. Bereits seit der Bronzezeit verbinden Handelswege den Osten und Westen, den Norden und Süden Europas. Die Römer ließen Heerschaaren von Sklaven ein systematisches Straßennetz errichten als Grundlage für gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung. Die Entwicklung von Fortbewegungsinstrumenten brachte Fahrrad, Automobil, Eisenbahn, Schiff, Flugzeug und Raumfahrtmobile hervor.

„Elektromobilität“ als Mobilität, die elektrisch und hybrid angetrieben wird, umfasst individuelle Mobilität und Wirtschaftsverkehr. Die Vielfalt der dabei eingesetzten Fahrzeuge wächst ständig. Auf der Straße sind es E-Bikes, E-Autos, E-Busse, bis zu E-Nutzfahrzeugen. Auf der Schiene finden sich bereits im ÖPNV Straßenbahnen, U- und S-Bahnen sowie Fernzüge. Auch im Wasser fahren schon Solarboote und E-Fähren, in der Luft fliegen E-Drohnen sowie E-Flugzeuge. Elektrisch betriebene Mobilität wird auch innerbetrieblich mit E-Stapler und E-Bandförderanlagen realisiert. Dies alles geschieht mit dem Meta-Ziel der emissionsfreien Mobilität. Wie der Beitrag „Multimodale Mobilitätskonzepte zur Mobilitätssicherung“ zeigt, hat Mobilität auch soziale

Bedeutung. Sich im öffentlichen Raum mit vielen positiven Schnittflächen zwischen Beförderungsarten bewegen zu können, hat Einfluss „auf die geistige, seelische und soziale Entwicklung der Bevölkerung“ und erfüllt „Grunddaseinsfunktionen“. Andersherum gedacht, aus der Perspektive der Wirtschaft und der hier beschäftigten Menschen, erfordert ein so umspannender Mobilitätsbegriff eine hohe Dynamik und Flexibilität im Denken und Handeln sowie nicht zuletzt ein Verständnis von Verantwortung für die generelle Entwicklung des Gemeinwesens durch Mobilität.

Neues Lernen und Verstehen in einer (elektro-)mobilen Wirtschaftswelt

Die elektro-mobilen und digitalisierte Zukunft erfordert im Verständnis des IBBF „transformatives Entwickeln, Arbeiten und Lernen“. Digitalisierung, digitale Transformation erfordern daher ein Umdenken und kulturelle Innovationen: Der tätige Mensch wird zum gleichzeitig lernenden Menschen. Unternehmen sind mit adäquaten Fort- und Weiterbildungskonzepten und Angeboten gefordert, ohne dass es die passenden Bildungsangebote bereits gäbe. Noch weit umfassender allerdings, als das Erlernen digitaler Tools und Prozesse, ist die Herausforderung an ein neues Denken aller Akteure im Unternehmen. An ein mobiles Denken, das auch innerbetrieblich Sektoren bzw. Silos der Zuständigkeit überwindet und sich dafür spezifischer Methoden bedient. An ein mobiles Interagieren im Arbeitskontext, das der Dynamik der IT-Entwicklung korrespondiert und ein Überdenken hergebrachter, hierarchisch-linear-ausgerichteter, Strukturen und Prozesse erfordert. Es geht um neue Wege der Entscheidungsfindung und eine hohe Anpassungsfähigkeit an situative Erfordernisse bis hin zu einem vollkommen neuen Verständnis der Interaktion von Menschen im Unternehmen.

DIE KLUGHEIT DES CHAMÄLEONS: LERNEN UND INTERAKTION IN SICH WANDELNDEN ARBEITSUMFELDERN

Agilität ist zum Schlüsselbegriff der digitalen Zeitenwende geworden. Es steht für Wendigkeit und Flexibilität, Schnelligkeit und rasches Reagieren auch auf unvermutete Wendungen und Situationen. Im Tierreich ist es das Chamäleon, das sich in Gestalt wechselnder Farben den aktuellen Erfordernissen seiner Umgebung anpasst. Diese Art der Klugheit, heute firmierend unter Agilität, ist Merkmal der Evolution: die Anpassungsfähigsten überlebten. Im Unternehmenskontext spiegelt sich die Klugheit des Chamäleons im sog. agilen Management mit neuen (und auf einem neuen Selbstverständnis beruhenden) Formen der Projektarbeit im Team. Die digitale Entwicklung evoziert auch neue Formen der Unternehmenskommunikation; sei es externer Natur, um sich am Markt zu positionieren, oder die interne Kommunikation betreffend, durch Arbeits- und Funktionshierarchien hindurch. Die gute alte Mitarbeiterzeitung wird zunehmend zum Fossil. Auch Aus-, Fort- und Weiterbildungsformate stellen sich heute durch den Anteil digitalisierter Lernsequenzen neu auf. Blended Learning und Flipped Classrooms sind nur zwei Beispiele eines Mixes an Lern- und Erlebnisformaten. Angesichts all' dieser rasanten Entwicklungen geraten zunehmend vertraute Muster des Miteinanders von Alt und Jung ins Wanken. Die Jüngeren genießen den Vorteil der Digital Natives, die ältere Generation muss sich von liebgewordenen Abläufen trennen, aber auch daran arbeiten, die ihrer Generation eigenen Stärken ins Spiel zu bringen.

AGILES PROJEKTMANAGEMENT MIT SCRUM, KANBAN & CO

Das sog. agile Management ist die Brücke zur agilen Organisation. Zu einer Organisation, die mehr ist als die Summe ihrer agilen Prozesse. Denn jede Verfahrensweise, mit der wir arbeiten, lebt letztendlich von unserer Hal-

tung, unserer inneren Einstellung dazu. Dem agilen Management wohnen Werte inne wie: Autonomie und (Selbst-)Verantwortung im Denken und Handeln, Bereitschaft, Silo-Denken hinter sich zu lassen und letztendlich die Fähigkeit, die Arbeit des Kollegen, der Kollegin im tiefen Sinne anzuerkennen und mit der Kraft des individuellen Könnens den gemeinsamen Erfolg anzustreben.

Agiles Management, besser bekannt als agiles Projektmanagement, ist heute vor allem durch Methoden wie Scrum, Kanban und Design Thinking bekannt, des Weiteren (im allgemeinen Sprachgebrauch weniger verankerten) Methoden wie PMI ACP resp. ACI¹ oder „Price2agile“² Sämtliche agile Methoden wurzeln in der Informationstechnik (IT). Ein Unternehmen, das sein Selbstverständnis und seine Methodik an der Agilität und den im folgenden beschriebenen Methoden wie Scrum ausrichtet, ist bspw. der Telefonanbieter „sipgate“³, ein sehr junges Unternehmen (vom Alter der Mitarbeiter ist auch der Organisation selbst), das in kurzer Zeit seine Position am Markt ausbauen konnte und sie erfolgreich hält. Absolut affin zur IT-Nomenklatur bezeichnen die Akteure bei sipgate ihre prägenden Arbeitsprozesse als „Work Hacks“.

„Rugby für das Büro“ titelt die FAZ

Anfang der 90er erkannten die Softwareentwickler Ken Schwaber und Jeff Sutherland, dass sie bei immer komplexer werdenden Softwareprojekten mit den gewohnt langen Planungsphasen und starren Hierarchien immer schlechter zurechtkamen⁴. Scrum wurde geboren. „Scrum“ leitet sich aus dem anglo-

¹ <http://certifind.com/blog/pmi-certifications-consider-recognized-ones-around-globe/>; <https://www.pmi.org/certifications/types/agile-acp>

² <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/prince2-agile/what-is-prince2-agile>

³ <https://www.sipgate.de/hacking-work>

⁴ <http://www.faz.net/aktuell/beruf-chance/modernes-management-rugby-fuer-das-buero-15528340.html>

amerikanischen Nationalspiel Rugby ab. Es hat eine vielschichtige Bedeutung: Sowohl der eiförmige Ball als Mittelpunkt des Spiels als auch eine bestimmte Spielsituation werden als Scrum bezeichnet. Die jeweiligen Teams passen sich rasch an neue Spielsituationen an und organisieren sich selbst. So läuft auch Projekt- und Teamarbeit im Stil von Scrum. Ein Projekt oder ein Produkt wird Schritt für Schritt mit einem sich selbstorganisierenden, interdisziplinären Team in Zyklen (Sprints) entwickelt⁵. Es gibt zwei entscheidende Unterschiede (man kann von Paradigmenwechseln sprechen) zum klassischem Projektmanagement.

Paradigmenwechsel 1: Agiles Management, hier Scrum, zeichnet sich durch eine grundlegend neue Herangehensweise an eine Produkt- oder Projektentwicklung aus: Im gewohnten (europäischen) Verständnis arbeiten Produktteams selbstreferenziell, beziehen sich auf intern definierte Maßstäbe. Im Verständnis von Scrum (und damit wiederum im Verständnis von Silicon Valley-Arbeit⁶) erfolgt die Entwicklung eines Projekts oder Produkts in enger Kooperation mit dem Kunden bzw. Auftraggeber. Derselbe Grundgedanke spiegelt sich auch im Begriff des „Lead Users“⁷, welcher entscheidenden Anteil an der Entwicklung von Trends und Produkten hat - und im iterativen Prozess der Entwicklung immer wieder Feedback gibt.

Paradigmenwechsel 2: Hierin liegt das zweite Unterscheidungsmerkmal zu klassischer Projektarbeit. Herkömmlich wird der Umfang der gesamten, zu entwickelnden Lösung als Leitlinie festgelegt, sog. planungsgetriebene Entwicklung. Mit der oft auftretenden Folge, dass sich angesichts des ehrgeizigen Ziels herausstellt, dass Zeit und Budget nicht aus-

reichen oder dass an den Bedürfnissen des Markts vorbeigeplant und gearbeitet wurde. Stress und mangelnde Wirtschaftlichkeit sind die Folge. Scrum legt als Konstanten Zeit und Budget fest. Das Team aus der Auftragnehmer-Firma definiert dann gemeinsam mit dem Kunden, welche Anforderungen sich im Rahmen dieser Konstanten umsetzen lassen. Der Kunde bestimmt von Beginn an mit und priorisiert einzelne Aufgaben bzw. Entwicklungsschritte von Iteration zu Iteration.

Es gibt zentrale Rollen und Abläufe:

Der Product Owner, der die Interessen des auftraggebenden Kunden wahrnimmt, definiert die Anforderungen an das Produkt und sortiert sie nach Dringlichkeit. Der Product Owner kann vom Kunden entsandt werden, es kann aber auch ein Verantwortlicher aus dem Auftragnehmer-Team für diese Aufgabe benannt werden, der Proxy Product Owner. Das Projektteam sucht sich auf dieser Basis selbstbestimmt und in enger Abstimmung untereinander die Detailaufgaben heraus, die es in zuvor fest definierten Zeiträumen (sog. Sprints, auch Iterationen) erfolgreich bearbeiten kann. Zwischen jedem Sprint gibt es eine Abstimmung mit dem Product Owner. Die Zwischenchecks gewährleisten eine sinnvolle Entwicklung, statt womöglich an Zielen festzuhalten, die bspw. von externen Entwicklungen bereits überholt wurden.

Der Scrum-Master ist der Moderator, der dafür Sorge trägt, dass die Scrum-Regeln verstanden und eingehalten werden. Das „Daily Scrum“ ist ein Treffen aller Akteure, die hier kurz und prägnant über mögliche Störungen im Projekt aber auch Erfolge berichten. Dieses Treffen sollte 15 Minuten nicht übersteigen.

⁵ <https://t3n.de/magazin/praxisbericht-scrum-kanban-scrumbuts-agiles-232822/>

⁶ Keese Christoph, Silicon Valley - was aus dem mächtigsten Tal der Welt auf uns zukommt“, Penguin Verlag 2014

⁷ https://de.wikipedia.org/wiki/Lead_User

Kanban: Der unaufhörliche Fluss in der Projektarbeit

Der Mensch erfasst und begreift mit allen fünf Sinnen. Die Methode Kanban⁸ fokussiert auf die Visualisierung, um einen kontinuierlichen Arbeitsfluss sicherzustellen und ineffiziente Parallelverläufe zu minimieren resp. zu eliminieren. Auf einem Board kennzeichnen Spalten die aufeinanderfolgenden Arbeitsschritte. Die zu erledigenden Aufgaben werden in Gestalt von Tickets immer in der Spalte platziert, in der sie gerade anhängig sind. So sieht jeder Projektbeteiligte auf einen Blick, welche Aufgabe sich in welchem Status des Arbeitsprozesses befindet.

Die Methodik beinhaltet zugleich eine Obergrenze für parallellaufende Aufgaben. Hängen bspw. bei einem Arbeitsschritt wie „Produktentwicklung“ vier Tickets auf einmal, so kann dies ein Hinweis darauf sein, dass hier entweder ein Mitarbeiter an mehreren Teilaufgaben zugleich arbeitet (und sich dadurch womöglich verzettelt) oder dass Facetten eines Arbeitsschritts von verschiedenen Mitarbeitern erledigt werden und die Gefahr mangelnder Abstimmung oder von Doppelarbeit besteht. Oberstes Ziel ist es, dass die Tickets gleichmäßig und ohne lange Wartezeiten über das Board fließen⁹. Im Vergleich (so der Bericht im t3n-Magazin) eignet sich Kanban vor allem bei kleineren Projekten, die sich nicht in die Scrum-typischen Sprints aufteilen lassen, als auch für kontinuierliche, schwer planbare Aufgabenstellungen. Scrum ist laut t3n besonders gut geeignet für große, komplexe Aufträge und langfristige Projekte.

Design Thinking (DTH): Dynamisch-interaktive Gedankenspiele für Innovation

Das Verfahren ist heute bei modernen Managementmethoden gegenüber aufgeschlosseneren, im Regelfall aber meist noch konzern-

artigen Unternehmen sowie bei Startups etabliert. Auch diese Methodik, um rasch zu innovativen Lösungen zu kommen, ist im IT-Umfeld geboren¹⁰ und gewinnt seit Beginn der 90er zunehmend an Bekanntheit. Speziell im Rahmen der Anforderungen von Marketing und Business Development können die, für DTH prägenden, interdisziplinären Teams den Vorteil dieser Methodik ausspielen: Schnelligkeit, Interaktion sowie grenz- und siloüberschreitendes Denken. Auch in dieser Methodik geht es um den Wert inter- oder multidisziplinärer Zusammenarbeit und um einen vielschichtigen Wissensgewinn mit visuellen und interaktiven Elementen. Kennzeichnend für dieses Verfahren ist die Dynamik in der gemeinsamen Entwicklung eines neuen Produkts oder einer neuen Dienstleistung. Von hoher Innovationskraft ist in dieser Methodik vor allem eine unserem (europäischen, besonders unserem deutschen) Denken fremde Fehlerkultur: Fehler als Hinweis für Optimierungspotenzial sind nicht nur gewünscht, sondern für den Erfolg und das Lernen notwendig.

Dieses neue und für uns ungewohnte Fehlerverständnis ist dem Silicon Valley erwachsen: Absolut konträr zum deutschen Verständnis höchster und strengster Produktqualität als Voraussetzung der Marktreife geht in den Startup-Schmieden Dynamik in der Entwicklung und Marktreife eines Produkts vor Perfektion. Es werden bewusst Produkte mit Beta-, manchmal gar nur Gamma-reife auf den Markt gebracht, um dann durch Kundenfeedbacks das Produkt sukzessive zu verfeinern. Der Fehler ist in dieser Weltsicht Teil eines Entwicklungsprozesses, dessen Erkennen die Sache nur besser machen kann.

Zwischenbilanz zu agilem Management

Die Mischung aus rahmengebenden Strukturen, Eigenverantwortung und hoher Situationsflexibilität ist mehr als ein Methodenmerkmal. Die Mischung kennzeichnet

⁸ <https://www.amazon.de/Kanban-Evolution%C3%A4res-Change-Management-Organisationen/p/3898647307?Parallele>

⁹ <https://t3n.de/magazin/praxisbericht-scrum-kanban-scrumbuts-agiles-232822/>

¹⁰ https://de.wikipedia.org/wiki/Design_Thinking

eine neue Form des Denkens und Handelns in einer VUCA-Welt. Einer Welt, in der eine digitalisierte Gesellschaft, globale Verflechtungen und eine immer noch exponentiell wachsende Veränderungsdynamik neue Formen des Interagierens im Wirtschaftskontext als auch im individuellen Spielraum fordern. Allen Methoden gemein ist das, aus dem IT-Umfeld, erwachsene, Menschenbild eines wendigen, reaktionsstarken Individuums, dessen Fähigkeiten im Team potenziert werden: Ein starkes Kollektiv lebt von starken Individuen.

YAMMER, SLACK & CO: KOMMUNIKATION IN DIGITALER ECHTZEIT

Unternehmenskommunikation in die Außenwelt ist ohne digitale Systeme heute nicht mehr denkbar. Das beginnt mit der Unternehmenswebsite, setzt sich fort in Corporate Blogs und mündet in Social Media Marketing. Und erreicht, konzernseitig vorgelebt, langsam auch den Mittelstand. „Wir müssen uns neu erfinden“¹¹, sagt Malermeister Matthias Schulze als Sprachrohr für familiengeführten Mittelstand im gleichnamigen Interview im „Tagesspiegel“ vom 25.8.2018. und ergänzt: „Wer nicht im Netz stattfindet, ist nicht existent“.

Sind allein solche An- und Einsichten für manchen Mittelständler noch eher abschreckend, so ist in der internen Mitarbeiterkommunikation die klassische Mitarbeiterzeitung noch vorherrschend. Dass Mitarbeiter untereinander und über Hierarchieebenen hinweg im Intranet in Austausch stehen, sich in unternehmensinternen Wikis gegenseitig Wissen vermitteln – all dies sind Entwicklungen, die jenseits der Konzerne und der Startup-Szene erst zögerlich einsetzen. Zwar haben aktuell über 30 Prozent¹² aller Bundesbürger Schätzungen zufolge ein Facebook-Konto¹³, rein auf unternehmensinter-

ne Nutzung zugeschnittene Facebook-Zwillinge wie Yammer sind noch weitgehend unbekannt. In vielen Unternehmen setzen Mitarbeiter für die interne Kommunikation die Facebook-Tochter WhatsApp ein; die Datenschutzprobleme, die damit einhergehen, lassen jedoch einen auf interne Kommunikation spezialisierten Messenger sinnvoll erscheinen. So erobert sich der unternehmensinterne Messenger Slack¹⁴ zunehmend eine gute Marktposition und bedrängt den Konkurrenten Microsoft¹⁵, der mit „Microsoft Teams“ gegenhält.

Diverse Tools für virtuelles Teamwork kommen in immer rascheren Abständen auf den Markt. Entscheidend ist hier weniger die technische Raffinesse, entscheidend ist vielmehr die sorgsame Überlegung im Unternehmen, was der internen Kommunikation wirklich dient, was Mitarbeiter für Bedürfnisse haben – und welche möglichen (und vielleicht auch berechtigten) Ängste herrschen, etwa vor digitaler Überwachung.

Wenn „Big Data“ zum Überwacher mutiert

Eine im Januar 2018 erschienene Studie der Hans-Böckler-Stiftung¹⁶ entwirft in Gestalt einer fiktiven Story ein dystopisches Zukunftsbild des gläsernen Mitarbeiters durch digitale Vernetzung. In der Story nutzt ein fiktiver Konzern die aus digital-unternehmensinterner Kommunikation (Yammer, Slack & Co.) gewonnenen Erkenntnisse für einen Stellenabbau im großen Stil. Auf Basis eines von Big Data erstellten Kriterien-Rasters werden die digitalen Bewegungen der Mitarbeiter bewertet. Kollegen, bei denen andere oft Rat einholen, gelten als wertvoll. Mitarbeiter, die

nutzerzahlen-deutschland

¹⁴ <https://www.pressreader.com/germany/der-tagesspiegel/20180602/281917363762340>

¹⁵ <http://winfuture.de/news,104424.html>; <https://t3n.de/news/slack-finanzierung-softbank-857927/>

¹⁶ Höller, Heinz-Peter, Wedde, Peter "Die Vermessung der Belegschaft", Hans-Böckler-Stiftung Mitbestimmungspraxis Nr. 10 Januar 2018: https://www.boeckler.de/pdf/p_mbf_praxis_2018_010.pdf

¹¹ <https://www.pressreader.com/germany/der-tagesspiegel/20180825/283326113210385>

¹² Neueste Zahlen 9/2018: 31 Mio Nutzer, davon 25 Mio aktiv = 38%

¹³ https://allfacebook.de/zahlen_fakten/offiziell-facebook-

beim unternehmensinternen Netzwerken nur wenig Kontakte haben, werden in Folge sozial geringwertig eingestuft. Letztere können sich bereits auf einen Termin beim Arbeitsgericht vorbereiten.

In der Fiktion ist George Orwells Überwachungsstaat aus „1984“ zum elektronischen „Big Brother“ mutiert. Auch wenn die in der Studie eindringlich erzählte Fiktion im ersten Moment extrem erscheint: Heute bereits auf dem Markt präsenste Softwareprodukte, (so die Studienautoren im Zeitungsinterview¹⁷), hätten das Potenzial zur bewertenden Analyse digitaler Mitarbeiterbewegungen. Dazu zählten bspw. Workplace Analytics¹⁸ von Microsoft und Organizational Analytics¹⁹ von IBM. Das Microsoft-Programm erfasst u. a. die Einbindung in Termine und Sitzungen - von Microsoft mit ausschließlich positiven Attributen wie Produktionssteigerung und Motivationsschub beworben. Angesichts der Tatsache, dass, dialektisch betrachtet, jedem Geschehen auch die dunkle Seite innewohnt, ist die Vorstellung einer menschenfeindlichen Nutzung in Gestalt von Kontrolle, Überwachung und „Entsorgung“ von Mitarbeitern keineswegs abwegig.

FORT- UND WEITERBILDUNG: FLEXIBLER MIX AN ERLEBNIS- UND LERNFORMATEN

„Der durchschnittliche Bedarf an betrieblicher Weiterbildung steigt von gut einem Tag im Jahr mit fortschreitender Digitalisierung auf über sechs Tage im Jahr“, sagt Oliver Burkhard, heute CHRO²⁰ und Arbeitsdirektor bei „thyssenkrupp AG“ im Tagesspiegel-Interview im September 2016²¹. Angesichts

neuer Jobkreationen²² wie Data Engineer, Data Scientist, BigDataDevOps²³, und Bl-af-fine Controller sowie, vertrauter anmutend, Datenbank Administratoren scheint diese Einschätzung heute, zwei Jahre später, fast zurückhaltend.

Digitale Lernformate wie Webinare, die oben schon skizzierten unternehmensinternen sozialen Netzwerke und Wikis haben für Unternehmen im Vergleich mit Präsenzseminaren den entscheidenden Vorteil eingesparter Zeit und Raummieten. Digitales Lernen ist zeit- und ortsunabhängig. Ein zweiter Aspekt: Die bei einem Präsenzseminar erworbenen Lerninhalte sind oft relativ rasch wieder vergessen - wenn sie nicht kontinuierlich angewandt und geübt werden. Virtuelles Lernen stellt Kontinuität sicher. Ein dritter Aspekt besteht in Erfolgskontrollen durch digitale Parameter: Wie gut bewähren sich die neu erworbenen Kenntnisse und Kompetenzen im Arbeitsalltag? Solche Überprüfungen dienen nicht nur dem Unternehmen, sondern auch dem Mitarbeiter: Welches Wissen brauche ich wirklich, damit ich meinen Job auch zu meiner eigenen Zufriedenheit gut mache?

Blended learning und Flipped Classroom: Der Mix macht's

Aus vielfältiger Unternehmenspraxis hat sich ein Mix virtuellen und analogen Lernens (Blended Learning) als ideal herausgestellt. In dieser Kombination wiederum hat sich ein, aus dem schulischen Kontext stammendes Konzept, der „Flipped Classroom“, auch im Unternehmenskontext als effektiv erwiesen: Die Theorie wird zuhause „gepaukt“ (und ggf. nach der Präsenzveranstaltung vertieft), die Praxis in der Schule geübt. Auf betriebliche Lernen übertragen: Vor- und nachbereiten-des Lernen erfolgen virtuell, im Präsenzseminar wird das Erlernete praktisch vertieft.

¹⁷ <https://www.pressreader.com/germany/der-tagesspiegel/20180407/281878708943074>

¹⁸ <https://docs.microsoft.com/de-de/workplace-analytics/>

¹⁹ <https://organizational-analytics.com/>

²⁰ Chief Human Resources Officer

²¹ „Was wird aus mir? Thyssen-Krupp, einer der größten deutschen Konzerne, verbindet technologischen Wandel mit dem Wandel der Unternehmenskultur“ in Tagesspiegel, Nr. 22883, 18.9.2016

²² Aunkofer Benjamin, „Arbeit mit Kollege Computer“, Tagesspiegel 18.8.2018

²³ Kunstwort aus Development und Operations: <https://de.wikipedia.org/wiki/DevOps>

Im Gegensatz zu klassischen Präsenzseminaren, bei denen theoretisches Wissen vermittelt und dann im Nachhinein, vor Ort im Unternehmen, mehr oder minder erfolgreich angewandt wird.

Bereits 2015 pointierte Gregor Schmitter im Interview²⁴, (damals zuständig für den Ausbau der Online-Lernformen bei der Telekom, heute dort Project Manager HR IT²⁵): „Hochqualifizierte Kräfte lernen nur noch in Situationen, die sehr nah an der beruflichen Realität ausgerichtet sind“. So ermöglichen Reality-Simulationen (etwa in Rollenspielen) im Präsenzseminar die rasche Adaptation der Theorie auf die Praxis: Wie gelingt die Integration eines neuen Unternehmensbestandteils in das Mutterhaus?

Der mögliche Einsatz diverser Medien im Blended Learning - vom Video über Apps und Interaktionen - spiegelt die Realerfahrung der Nutzer auf ihren Smartphones und Tablets. Zudem wird der Aspekt des Lernens spielerisch und unaufhörlich aufgegriffen: Ein Wertewandel vom Lernen auf Anordnung zur eigenständigen Wissenserweiterung. „Life long learning“ ist in der digitalen Zeitenwende, aber auch angesichts von Faktoren wie global verflochtenen Wirtschaftsbeziehungen, von unschätzbarem Wert.

Vom Wert des Aug-in-Aug: Vertrauen ist analog

Ein wichtiger Punkt pro Präsenzseminar soll hier nicht unerwähnt bleiben: Zwar ist Netzwerken heutigen Tages zu einem regelrecht überstrapazierten Begriff geworden. Soziale Netzwerke wie bspw. LinkedIn im vornehmlich beruflichen Kontext erfüllen hier eine wichtige Funktion. Bisweilen durchaus vielversprechende und manchmal sogar erfolgreich verlaufende Kontakte wären im analogen Leben nie zustande gekommen.

Dennoch: der Kontakt Aug-in-Aug hat eine andere Qualität; gemeinsam erlebte Teamarbeit fördert Vertrauen (oder auch nicht): Mit dem / der könnte ich mir auch Zusammenarbeit jenseits des Seminars vorstellen (oder eben nicht). Im Präsenzseminar können Mitarbeiter eines Unternehmens über den Tellerrand schauen: Wie sind Klima und Entwicklung in anderen Firmen? Das persönliche Kennenlernen kann vielleicht sogar eine spätere Firmenkooperation inspirieren. Hinzu kommt: Gerade die informellen Parts von Präsenzseminaren, das abendliche Beisammensitzen, der semi-private Austausch gewähren neue Perspektiven auf einen Menschen und die möglichen Potenziale im Miteinander. Vertrauen ist analog.

WIE DAS GEFÜGE VON ALT UND JUNG AUF DEN KOPF GESTELLT WIRD

Im Handwerk zeichnet sich die alte Ordnung, genauer das alte Weltbild, noch recht unberührt ab. Meister, Geselle, Lehrling ist die Kaskade des Könnens, und damit i. d. R. auch des Alters, von oben nach unten. Einen Handwerksbetrieb führen zu dürfen oder in einem Unternehmen eine Führungsposition wie Abteilungsleiter zu bekleiden, bedurfte über viele Dezennien des obersten Ranges, des Meisters. Zwischenzeitlich wurde der Meisterzwang abgeschafft, soll nun aber aufgrund qualitativer Erwägungen erneut eingeführt werden. Im Zwischenfeld, vergleichbar der Fachkraft, bewegt sich der Geselle, bekannt vor allem durch die jungen Männer (und heute zunehmend auch junge Frauen) mit der mittelalterlichen Bekleidung, inklusive Schlapphut, Wanderstock und Ohrring. Ganz unten, am Beginn des beruflichen Aufstiegs, ist der Lehrling angesiedelt, der Auszubildende. Zwar sind heutigen Tages auch die Angehörigen dieses Berufsstandes digital vernetzt; auf die branchentypische Hierarchie in einem Beruf, der im Sinne des Wortes auf manuelle Kunst baut, übt die Digitalisierung (soweit bekannt) noch keinen Einfluss aus.

²⁴ <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/weiterbildung-auf-dem-schirm/12710196.html>

²⁵ <https://www.linkedin.com/in/gregor-schmitter-6974a568/>

Entwicklungsdynamik:

Reverse Mentoring - Jung coacht Alt

Das sieht in anderen Branchen anders aus. Die IT-Branche mit ihrer spezifischen Ausprägung der Startups, ist, von Ausnahmen abgesehen, jung. Aber auch in Unternehmen, deren Business in zunehmend hohem Maße von digitalen Prozessen lebt (und ohne diese nicht mehr konkurrenzfähig wäre), dreht sich langsam die Korrelation von Kompetenz, Position und Alter um. Eine Studie der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin²⁶ widmet sich der defizitären Digitalkompetenz von Führungskräften und Top-Managern. Letztere, hat die Personalberatung Rochus Mummert²⁷ herausgefunden, kommunizieren zur komplexen Herausforderung Digitalisierung (vom Geschäftsmodell bis zur Unternehmenskommunikation) mit Peers oder maximal direkt Untergebenen in der Hierarchiekaskade. Auf die Idee, den Azubi als Digital Native zu konsultieren kommen sie nicht oder halten es (vermutlich) für unter ihrer Würde. „Wenn der Azubi mehr weiß als der Chef“ titelt denn auch die „Welt“²⁸ und bringt den Begriff des „Reverse Mentoring“ ins Spiel: Junge Mitarbeiter coachen die Älteren. Ein Vorgang, der laut Interviewpartner der „Welt“, Prof. Dr. Werner Bruns von der Rheinischen Fachhochschule in Köln, „in diesem Ausmaß in der Geschichte einzigartig ist“.

Besonnenheit:

Erfahrungswissen - Alt coacht Jung

Speziell im Rahmen der voranschreitenden Digitalisierung von Prozessen trauen viele Unternehmen älteren Mitarbeitern wenig zu. Auf den ersten Blick ist das nicht unberechtigt. Es gibt ihn noch - und nicht zu selten, den Chef, der auf sein Diktat beharrt und das

²⁶ <https://www.cebit.de/de/presse/pressemitteilungen/hw-berlin-und-cebit-legen-studie-vor>

²⁷ https://www.rochusmummert.com/downloads/news/170419_PI_RM_Digital_Leadership_FINAL.pdf

²⁸ <https://www.welt.de/wirtschaft/bilanz/article176165679/Reverse-Mentoring-Wenn-der-Azubi-plotzlich-den-Chef-coacht.html>

auch von der Sekretärin ausgedrückt auf dem Tisch haben will, den Mitarbeiter oder die Mitarbeiterin, für die Begriffe wie Google-Hangout, Team Viewing und Skype den ersten Vorhof zur Hölle markieren. Gerade den Umgang mit Excel einigermaßen begriffen - und jetzt das! Beim Mitarbeiter löst die digitale Veränderungsdynamik nicht selten Resignation aus, erste Gedanken an den vorzeitigen Ruhestand schwirren so manchem durch den Kopf.

Ja, es stimmt: Der Selbstverständlichkeit, mit der junge Menschen, die sog. Digital Natives, mit den digitalen Medien umgehen, sind ältere Mitarbeiter oft nicht gewachsen. Was den Jungen elektronische Intuition, ist den Älteren mühsamer Lernprozess. Mündet das in ein sukzessives Abservieren älterer Mitarbeiter? Das muss nicht sein. Das wäre im Gegenteil keine kluge Personalpolitik. In Zeiten, in denen allerorten über Fachkräftemangel gejammert wird (ob das Phänomen nur ein Mythos ist, sei hier nicht diskutiert²⁹), und in Zeiten, in denen politikgetrieben das Rentenalter höhergesetzt, in Unternehmen indes 50plus (allen Wortblasen zum Trotz wie wichtig das Erfahrungswissen Älterer sei) im Regelfall nicht gut beleumdet ist. Wenn das unterschiedliche Lernverhalten und die unterschiedlichen Fähigkeiten in eine kluge Personalentwicklung einfließen, dann können gerade Teams aus Jung und Alt besonders gute Ergebnisse zeitigen.

Vom Wert unterschiedlicher Lernkurven in den Generationen

Ältere lernen nicht schlechter als junge Menschen. Sie lernen anders. Die Gehirnforschung spricht von fluider und kristalliner Intelligenz. In jungen Jahren nimmt der Mensch neue, so bislang nicht gekannte, Informationen in hoher Geschwindigkeit, wie im Fluss, also fluide auf. Der Neuropsycholo-

²⁹ <https://www.amazon.de/Mythos-Fachkr%C3%A4ftemangel-Deutschlands-Arbeitsmarktschiefe176165679>

ge Ernst Pöppel spricht in seinem Buch „Je älter, desto besser“³⁰ von Wellenkämmen der Aufmerksamkeit, sog. Oszillationspunkten, die beim fluiden Lernen resp. Informationen verarbeiten sehr eng beieinanderliegen. Die Wellentäler hingegen, in denen sich Erfahrungen sammeln und verdichten, sind in dieser Zeit noch sehr schmal. Ab Mitte 20, spätestens aber ab 30 verfestigt sich dann langsam die kristalline Intelligenz. Ältere nehmen gänzlich neue Informationen zunehmend langsamer auf, die Wellenkämme der Aufmerksamkeit liegen zunehmend weiter auseinander. Dafür sind die Wellentäler der Erfahrung immer breiter. Der ältere Mensch verknüpft Informationen aus ihm grundsätzlich bekannten, durchaus sehr komplexen, Themengebieten viel rascher als in der Jugend. Die aus der unendlichen Vielfalt unbewussten Wissens, welches wir im Laufe unseres Lebens angehäuft haben, erwachsende Intuition spielt hier eine erhebliche Rolle. Die Intelligenz Älterer ist besonders für Vergleichendes, Konzepte und Strategien günstig, für Gedankenlandschaften, in und aus denen heraus sich der tieferliegende Sinn erschließt.

Hier³¹ ist der Anknüpfungspunkt für Lernerfolge Älterer auch im vermeintlich kaum mehr zu bewältigenden Geschwindigkeitsrausch einer digitalisierten Welt mit ihren digitalisierten Arbeitsprozessen.

- Welchen Sinn haben diese Instrumente für meine Arbeit?
- Wie können sie mir die Arbeit erleichtern, statt sie zu erschweren?
- Welche gedanklichen Analogien zu analogen Arbeitsprozessen bieten sich an?

In dem Moment, in dem aus einem fremdartigen Prozess ein Bild mit Sinnzusammenhängen entsteht, erschließt sich auch dem älteren

Mitarbeiter der Nutzen digitaler Arbeitsprozesse. Hier zeigt sich ein weiteres Phänomen im Vergleich zwischen junger und älterer Intelligenz. Neigt jugendliche Ungeduld rasch dazu, das Instrument selbst als den Sinn zu begreifen, eng verknüpft mit der Bereitschaft für rasch wechselnde Nutzungs- und Handlungsoptionen, so ordnet der Ältere die Dinge eher in einen Gesamtzusammenhang. Entbrennt heute auf dem Softwaremarkt in enorm rascher Taktung jeweils ein neuer Hype für eine neue Anwendung (angeblich viel besser als das, was gerade gestern noch als das Beste galt), so fragt sich der Ältere, wie lange wohl dieser Hype andauern wird. Summa summarum sind Unternehmen klug aufgestellt, die zwei Optionen in ihre Personal- und Fortbildungsstrategie einbeziehen: Ältere Mitarbeiter altersadäquat, mit einem Fokus auf bild- und sinnhaftes Erlernen digitaler Instrumente einzubinden und sich das Erfahrungswissen Älterer nutzbar zu machen, um so manchen Hype genau als solchen zu entlarven.

DIE LERNENDE ORGANISATION: EINE ANTWORT AUF DIE VUCA-WELT

Das Akronym kommt aus dem amerikanischen Militär: VUCA³². Volatility (Beliebigkeit), Uncertainty (Ungewissheit), Complexity (Komplexität) und Ambiguity (Mehrdeutigkeit) kennzeichneten aus Sicht der US-amerikanischen Streitkräfte bzw. ihrer akademischen Köpfe das Kriegsgeschehen. Darauf galt es, antizipativ Antworten zu finden bzw. Denk- und Handlungsszenarien zu entwickeln.

Die VUCA-Begrifflichkeit ist heute Bestandteil jeder geistigen Auseinandersetzung mit einer hochkomplexen Gegenwart, zu der eben auch E-Mobilität gehört, die damit wiederum untrennbar verbundene digitale Transformation und Globalisierung. Entwicklungen gesche-

³⁰ <https://www.amazon.de/%C3%A4lter-desto-besser-%C3%9Cberraschende-Hirnforschung/dp/3833818670>

³¹ <https://vbu-berater.de/angebote/blog/aeltere-mitarbeiter-fit-fuer-digitalisierte-prozesse>

³² Hollmann Jens, Daniels Katharina, „Anders wirtschaften: Integrale Impulse für eine plurale Ökonomie“, 2. Auflage, Springer Gabler Wiesbaden 2012, 2017

hen rascher, als es der anthropologisch auf Gewohnheit und Gewöhnung programmierte Mensch nachzuvollziehen vermag. Speziell die digitale Geschwindigkeit stellt oft die Erkenntnis von gestern als heute veraltet und nicht mehr gültig dar. Eine Ungewissheit, wo stehen wir eigentlich, ist unabdingbar Folge. Und wird noch verstärkt durch ein, immer undurchschaubarer erscheinendes, Geflecht an oft widerstreitenden Interessen wirtschaftlicher Natur und widersprüchlichen Konsequenzen aus bspw. technischen Entwicklungen. Ein vermeintlich klar umrissener Vorgang, wie die Entwicklung zur E-Mobilität und Sektorenkoppelung, mutiert zur Viel- und Mehrdeutigkeit: Nichts ist so einfach, wie es auf den ersten Blick scheint. Singuläre Interessen beispielsweise einzelner Mobilitätsanbieter können kollidieren mit dem übergeordneten Willen zur Vernetzung, etwa von Schnittstellen zwischen Bahn und E-Auto-Flotten. Und aktuell ist ein Innehalten, ein Moratorium, in all dieser Dynamik nicht abzusehen.

Zunehmend fluide Grenzen zwischen Arbeit und Privatleben

Sämtliche derartige Entwicklungen stehen wiederum in untrennbaren Wechselbezügen von Wirtschaft und unternehmerischen Interessen mit individuellen Lebensentwürfen und Verläufen. Dies zeigt sich, auf Mobilität bezogen, deutlich an den Konzepten zur Sektorenkoppelung und der damit korrelierenden Beweglichkeit des Individuums im ländlichen oder städtischen Raum. Auf die Lebenswirklichkeiten Unternehmen und Zivilgesellschaft bezogen, gehört die Trennung von Arbeit auf der einen Seite und Leben (also Privatheit) auf der anderen, wie es der immer noch oft genutzte Begriff der sog. Work-Life-Balance nahelegt, der Vergangenheit an. Zu meinen, es gäbe Schutzräume, in denen die globale wirtschaftliche Entwicklung mit ihren vielschichtigen Formen neuer Arbeit (New Work) uns unbehelligt lässt, ist wirklichkeitsfremd. Das gilt für das Individuum als auch für das Unternehmen. Und für die Menschen, die in

diesen Unternehmen arbeiten. Die Grenzen zwischen Arbeit und Privatleben werden zunehmend fluide. Was Menschen im Unternehmen lernen, wie die weiter oben beschriebenen Formen siloübergreifenden Planens und Entwickelns, lässt sie in der Gestaltung ihres Privatlebens nicht unberührt. Arbeitnehmer, die in ihrem Unternehmen Konzepte zur E-Mobilität entwickeln, gewinnen dadurch neue Perspektiven zu Möglichkeiten und Grenzen ihrer individuellen Mobilität.

Wir stehen in jeder Hinsicht mitten in einer Zeitenwende, in der starre, vermeintlich Sicherheit vermittelnde, Strukturen mit den dazugehörigen hierarchischen Konstellationen und den ebenfalls damit verbundenen Behauptungen dessen, was richtig und was falsch sei, von oben nach unten, nicht mehr nur zunehmend wirkungslos sind. Gravierender: Organisationen (aber auch gesellschaftliche Institutionen), die weiter in diesem Verständnis arbeiten, sind der Dynamik einer VUCA-Welt über kurz oder lang nicht mehr gewachsen. Es braucht Antworten für eine Neukonfiguration von Strukturen, Prozessen, vor allem aber für eine innere Haltung, eine Einstellung zur Veränderungsdynamik: Stelle ich mich quer? Und riskiere mit hoher Wahrscheinlichkeit, vom Sturm der Veränderung hinweggefegt zu werden. Oder gebe ich alles daran, eigene Pfade in der windzerzausten Veränderungslandschaft zu zeichnen und Akzente zu setzen? „Um die digitale Transformation mitzugestalten, braucht es Mut zur Veränderung, Menschen mit Zuversicht, Kreativität und eine neue Kultur der Zusammenarbeit“ pointiert Oliver Burkhard, Arbeitsdirektor und Personalvorstand der thyssenkrupp AG im Whitepaper von Randstadt³³ – und ergänzt: „es braucht eine Unternehmenskultur mit Offenheit und Transparenz, Vielfalt und Verantwortung, gegenseitiger Wertschätzung und Leistungsbereitschaft“.

³³ Burkhard, Oliver, Nach der Digitalisierung kommt die Humanisierung; in: Randstadt Deutschland (Hrsg.) „Wie wir in Zukunft arbeiten“ (Whitepaper)

Es ist die Rückbesinnung auf das, was uns in Zeiten des „Götzen“ Digitalisierung vom humanoiden Kollegen Computer unterscheidet, die eine Partnerschaft Mensch-Maschine möglich macht: Anzuerkennen, was Rechnersysteme resp. maschinelles Lernen schon heutigen Tages besser können als wir Menschen und sich zugleich der eigenen Stärken zu vergegenwärtigen. „Computer können zwar kreativ sein“, sagt der Buchautor Frank Schätzing im Interview³⁴, „sie können Bilder malen und Songs schreiben. Etwas Entscheidendes fehlt ihnen aber, nämlich der Wille. Es (was Rechnersysteme kreativ tun, Anm. der Autorin) bedeutet ihnen nichts. Menschlicher Kreativität liegen Gefühle und Bedürfnisse zugrunde. Kunst erwächst aus Leid oder Lust, nie aber aus Gleichgültigkeit“.

Künstliche Intelligenz oder besser kognitive Informatik? Pro Partner, contra Konkurrenz

Ist es das, was den Menschen nicht kopierbar macht? Was ihn davor bewahrt, eines fernen Tages überflüssig zu sein? Was ihn auszeichnet und ihm damit auch in der Arbeitswelt einen nicht verzichtbaren Wert verleiht? Der Begriff der Intelligenz, nur unzureichend abgedeckt durch das Beiwort künstlich (im Englischen „Artificial Intelligence“) treibt uns geradewegs in die Falle der vergleichenden Konkurrenz. Wir definieren Intelligenz als die kognitive Leistungsfähigkeit von Menschen. Kognition ist die Gesamtheit aller Prozesse, die mit Wahrnehmen und Erkennen zusammenhängen, alle fünf Sinne des Menschen inbegriffen. Da sind uns elektronische Systeme schon dicht auf der Spur. Die sich rasant entwickelnde Technologie hat u. a. bereits begonnen, Töne, Bilder, Gesten zu dekodieren und entsprechend zu reagieren. Putzige elektronische Spielgesellen kuscheln und wollen gestreichelt werden. Sie vermitteln dem Menschen ein Nähe-Empfinden,

also eine Emotion, aber ist das dasselbe wie Empathie? Das den Roboterpartnern (gern in Gestalt von Hunden, nun auch mit Plüschfell überzogenen Robben) innewohnende System greift auf unzählige, vom Menschen dort eingespeiste, Daten (bspw. Variationen von Mimik, Tonlagen oder Körperhaltung) in einer Cloud zurück, setzt die Informationen in Beziehung zueinander und lernt daraus. Bei einem gelangweilten Gesichtsausdruck folgt das künstlich neuronale Netz, dass der „gelesene“ Mensch in diesem Moment Zerstreuung, Aufheiterung sucht. Diese Zeichen zu lesen und sich entsprechend zu verhalten, entspricht durchaus menschlichem Lernen. Die Informatik hat einen kognitiven Prozess erfolgreich bewältigt.

Aber sind passende Interpretation und tiefes Verstehen des ‚Warum‘ und des ‚Woher‘ identisch? „Ist der Mensch so simpel, dass er komplett dekodiert werden kann?“. Den Ausdruck von Langeweile zu dekodieren ist etwas anderes, als empathisch zu verstehen, wie sie sich anfühlt, weitergehend, was die Bedeutung von Langeweile ist. Das menschliche Gehirnuniversum mit seinen rund 86 Milliarden Neuronen sortiert sich in jedem Individuum anders. Was einer als Langeweile empfindet, bedeutet seinem Nachbarn Kontemplation.

Allein an diesem kleinen Beispiel zeigt sich das anders Sein des menschlichen Verstehens und menschlicher Identität im Vergleich zu lernenden Technologien. Warum also nicht die emotional-angstbesetzte und scheinbar so sehr nach dem „Thron“ des Menschen strebende Nomenklatur der künstlichen Intelligenz durch „kognitive Informatik“ ersetzen? Wie es die Universität Bielefeld bereits für einen Studiengang tut³⁵. Informatik ist ein Abstraktum, eine Wissenschaft, die nicht in Konkurrenz zum fühlenden, sinnsuchenden Wesen Mensch steht. Im kognitiven Prozess

³⁴ <https://www.tagesspiegel.de/kultur/smartphones-und-digitalisierung-frank-schaetzing-du-musst-erkennen-wann-du-suechtig-bist/22978318.html>

³⁵ Wiedemann Carolin, „Sprechen Sie mit dem Roboter!“ in: Frankfurter Allgemeine Quarterly Ausgabe 07, Sommer 2018 (Revolution im Kopf)

können Mensch und Technik ihre jeweiligen Stärken für ein konstruktives Miteinander nutzen.

Vom Wert des Gestaltungswillens und des Lernens in digitalen Zeiten

Gemütslagen, Werte, Situationseinschätzungen spielen – heute mehr denn je – gerade im Unternehmenskontext eine große Rolle. Auch wenn Wirtschaft sich gern nüchtern und rational gibt, den KPI zum Maßstab erhebt, so ist es doch der Wille, etwas zu gestalten (bspw. ein erfolgreiches Unternehmen), der unserem gesamten Tun und unserer Entwicklung zugrunde liegt. Dieser Gestaltungswille ist heute mehr denn je von großem Wert. Die heute fast jeder Entwicklung, auch der E-Mobilität zugrundeliegende, digitale Transformation erzeugt Situationen, die im Verständnis des, vom walisischen Wissenschaftler Dave Snowden entwickelten, Cynefin-Modells³⁶ komplex bis chaotisch sind. Mit der Folge, dass innovative Lösungsansätze gefordert sind, die Vertrautes, Altgedachtes auf den Kopf stellen. Das „best practice“ Zeitalter gehört (bis auf Einzelbereiche wirklich einfacher Fragestellungen) global gesehen definitiv der Vergangenheit an.

In der digitalen Zeitenwende sind es der Gestaltungswille und damit die Bereitschaft, sich auf noch Unbekanntes, Ungewisses einzulassen, die jeden Mitarbeiter im Unternehmen so wertvoll machen. Hierfür wiederum braucht es neue Strukturen und Prozesse, es braucht eine agile, eine lernende Organisation, in der Menschen sich entfalten können, eine Arbeitsumgebung, in der Lernen als Chance und nicht als lästige Pflicht begriffen wird. „Jeder ist ein Chef“³⁷ titelt der „Tagespiegel“ – und meint damit nicht den „Chef“ alter Prägung, der von oben nach unten im

Pyramidensystem anordnet. Der Begriff des Chefs meint hier den Mitarbeiter, der in seinem Kompetenzgebiet autonom, mit hohem Verantwortungsbewusstsein arbeitet und weiß, wo seine eigenen Kompetenzen überschritten sind und wo es den Kollegen oder das kollegiale Team braucht, um dann gemeinsam Lösungen zu entdecken.

HOLACRACY: NEUES SOZIALES BETRIEBSSYSTEM FÜRS UNTERNEHMEN

Das „soziale Betriebssystem fürs Unternehmen“ Holacracy (Holakratie) hat pionierhaft dieses neue Verständnis aus den USA in europäische Unternehmen transportiert³⁸. Das Denk- und Arbeitsmodell ist aus der Holon-Theorie des Philosophen und Schriftstellers Arthur Koestler (1905-1983) entstanden. Es ist der Gedanke eines Ganzen, das wiederum Teil eines anderen, umfassenderen Ganzen ist. So ist eine Zelle für sich ein Ganzes, zugleich Teil eines Organs, welches wiederum Element des Körpers ist. Jedes Ganze operiert in dem ihm möglichen Radius eigenständig, und ist zugleich in stetiger Interaktion, Vernetzung mit anderen Einheiten.

Auf Unternehmen übertragen bedeutet das eine hohe Mitarbeiterautonomie. In Arbeitshierarchien, von der strategischen über die funktionale (Rollen-definierende) bis zur operativen Ebene, arbeiten die Menschen in ihren jeweiligen Kompetenzgebieten autonom, in ihren Verantwortungsbereich redet ihnen kein Vorgesetzter hinein. Schon hier wird deutlich, dass Arbeit ohne, rein hierarchisch-funktional begründete, Disziplinarbefugnis schneller, konzentrierter und damit auch effizienter erfolgt.

Autokratie und Demokratie hinter sich lassen

Sobald andere Arbeitsbereiche von einer anstehenden Entscheidung betroffen sind, gibt es Kreise, in denen die Repräsentanten der betroffenen Bereiche gemeinsam an Lösungsfin-

³⁶ Staun Harald, „Denken Sie etwas deutlicher!“ in: Frankfurter Allgemeine Quarterly Ausgabe 07, Sommer 2018 (Revolution im Kopf)

³⁷ [https://www.uni-bielefeld.de/\(de\)/technische-fakultaet/studiengaenge/BA_Kognitive_Informatik/](https://www.uni-bielefeld.de/(de)/technische-fakultaet/studiengaenge/BA_Kognitive_Informatik/)

³⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Cynefin-Framework>

dungen arbeiten. Hier kommt das, für die Hokratie typische, „Konsent“-Prinzip zum Tragen, welches wiederum dem Soziokratie-Modell³⁹ entlehnt ist. Das Kunstwort „Konsent“ wurzelt im Verständnis einer gemeinsam getroffenen Entscheidung, die nicht autokratisch (herkömmliches Chef-Prinzip) ist, aber auch nicht demokratisch im Sinne eines Konsenses. Der demokratische Konsens (in der Politik bestens zu besichtigen) bezieht sich immer auf eine mehrheitliche Entscheidungsfindung, ob sich in der Zukunft etwas bewähren wird: Wird uns das in fünf Jahren den Durchbruch bescheren? Hier besteht die Gefahr, dass solange diskutiert wird, bis externe Entwicklungen die Entscheidungsfindung überholt haben. Der „Konsent“ fußt auf der Gegenwart.

Der „Konsent“:

Gibt es noch irgendwelche Einwände?

Im soziokratischen Verständnis ist für die Erhaltung einer sozialen Gemeinschaft (und nichts anderes ist ein Unternehmen) entscheidend, ob eine bestimmte Entscheidung jetzt, in diesem Zeitraum, eine konkrete Schädigung eines Interessenbereichs, eines Teils des Ganzen, bedeutet. Diese Wunde würde das gesamte soziale System in Mitleidenschaft ziehen. Im „Konsent“-Verfahren ist immer der Einwand entscheidend, das schadet meinem Bereich. Kann dieser Einwand nicht hinreichend (sachlich!) begründet werden, nehmen die Beteiligten das neue Vorhaben in Angriff. Hier wird ein weiteres grundlegendes Prinzip deutlich: Es geht ums Tätigwerden, ums rasche Handeln. Auch dies ein Moment der gern beschworenen Effizienz, der Relation von Erfordernis und damit verbundenem Aufwand. Zeigen sich später neue Erfordernisse, wird die nächste „Konsent“-Runde einberufen.

Fehlerkultur:

Weg von der Sanktion, hin zur Chance

Und wenn nun ein wichtiger Einwand vergessen oder übersehen wurde? Hier zeigt sich ein

neues Verständnis von Fehlerkultur. In diesem Fall ergeht kein Vorwurf an denjenigen, der etwas übersehen oder vergessen hat. Die in klassisch funktional-hierarchieorientierten Unternehmen vorherrschende, sanktionierende Fehlerkultur („Du warst nicht perfekt, das muss bestraft werden“) erfährt eine Transformation zu einer chancenbetonten Kultur: Der Fehler wird entpersonalisiert und als Hinweis interpretiert, dass Strukturen und Prozesse einer weiteren Überarbeitung bedürfen, dass hier etwas intransparent oder inkonsistent ist, mit der Folge, dass ein Einwand übersehen wurde. Auf Basis dieser Einsicht ergibt sich für das Team die Chance einer neuerlichen Überprüfung und Optimierung.

WENN EIN TRADITIONSUNTERNEHMEN EINE STILLE REVOLUTION BEGINNT

Das soziale Betriebssystem Holacracy, gut kombinierbar mit den weiter oben vorgestellten Methoden agilen Arbeitens, findet in immer mehr Unternehmen Widerhall. Eine, von der Beratergruppe Neuwaldegg⁴⁰ im Herbst 2018 herausgegebene Dokumentation „Learning Journey“ stellt etliche Unternehmen vor, die in diesem Verständnis arbeiten. Alle Unternehmen sind mit einer eher jüngeren Belegschaft tätig und in den meisten Fällen auch als Organisation noch jüngeren Datums; alle sind in Berlin ansässig.

Ein Unternehmen sticht bei den Porträts heraus: Die GUTMANN ALUMINIUM DRAHT (GAD) GmbH im mittelfränkischen Weißenburg ist ein Traditionsunternehmen, das bereits 2017 seinen 80. Geburtstag feierte. Seit Frühsommer 2015 arbeiten die Menschen hier mit dem System der lernenden Organisation⁴¹. Der vormalige Geschäftsführer Paul Habbel (bis Mai 2018 bei der GAD) hat in

³⁹ <https://www.pressreader.com/germany/der-tagesspiegel/20180901/282711932901770>

⁴⁰ Wittrock, Dennis „Holacracy: Jenseits von Autokratie und der Tyrannei des Konsens: ein Paradigmenwechsel für Organisationen im 21. Jahrhundert“, in Hollmann Jens, Daniels Katharina, „Anders wirtschaften: Integrale Impulse für eine plurale Ökonomie“, 2. Auflage, Springer Gabler Wiesbaden 2012, 2017

⁴¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Soziokratie>

Anlehnung an die Definition der lernenden, sich selbst neu erfindenden, Organisation nach Frederic Laloux⁴² den Kulturwandel inspiriert, begleitet und weiterentwickelt. Heute trägt Paul Habel die Botschaft und das Wissen einer lernenden Organisation auch in andere Unternehmen hinein. Habels vorherrschendes Credo ist das der Haltung, der entscheidenden inneren Einstellung zu einem Kulturwandel dieses Ausmaßes. Methoden mögen noch so ausgefeilt sein: Beruhen sie nicht auf einem tiefen Verständnis einer werteorientierten Kultur des miteinander Arbeitens, einer Kultur, die auch die Arbeit des Kollegen, egal in welcher Arbeitshierarchie, zu würdigen und zu respektieren weiß – dann versanden die Methoden, bleiben unlebendig.

Drei Säulen einer lernenden Organisation

Der Wert der inneren Haltung zeigt sich in den drei Säulen einer lernenden Organisation nach Laloux.

- Es geht um (Selbst-)Verantwortung (und damit die Fähigkeit zu autonomem Handeln) für die eigene Aufgabe aber auch um das Empfinden für die Verantwortung gegenüber dem Kollektiv und der gemeinsamen Arbeit. Starke Individuen formen ein starkes Kollektiv.
- Es geht um die Potenziale und die Eigenheiten eines Menschen in seiner gesamten Persönlichkeit, die dieser ins Unternehmen einbringt. Aus dieser Komplexität einer Persönlichkeit erwächst Kreativität. Es ist dies ein gänzlich gewandeltes Bild eines Menschen im Arbeitsprozess. Ein Paradigmenwechsel vom (auch heute noch in so mancher Organisation internalisierten) tayloristischen Arbeitsprinzip, das den arbeitenden Menschen als funktionierendes und funktionales Getriebeteil definiert, bei dem eigenwillige Ideen nur störend sind.

· Das dritte Wesensmerkmal einer lernenden Organisation ist nach Laloux die Sinnfrage: Warum gibt es diese Organisation? Überwiegend beantworteten Menschen diese Frage auch heute noch mit der Wirtschaftlichkeit, der Gewinnerwartung. Das allerdings ist „lediglich“ ein Ziel. Ein absolut berechtigtes Ziel, denn ein Unternehmen, das sich am Markt nicht wirtschaftlich behaupten kann, muss über kurz oder lang die Tore schließen. Und dann gibt es hier auch keine lernende Organisation mehr. Sinn indes, in der vorwiegend anglo-amerikanisch geprägten Managementforschung gern auch als „Purpose“ bezeichnet, ist so individuell wie das Unternehmen selbst. So wie jeder Organismus auf unserem Planeten ein unverkennbar-individuelles Gepräge hat, so zeichnet sich auch jedes Unternehmen durch spezifische Charakteristika aus. Es ist ein dem Prozess, sowie den diesen Prozess gestaltenden Menschen, innewohnendes Geschehen, den Sinn speziell dieser Organisation zu eruieren.

Bei GAD verstehen die Menschen den Sinn⁴³ zum einen in eben diesem Miteinander von Autonomie und wechselseitigem Respekt, der sich bis ins Private hinein erstreckt. Zum zweiten in einer verantwortungsvollen Rolle in der Region, indem bspw. Repräsentanten des Unternehmens aktiv an Aus-, Fort- und Weiterbildung junger Menschen in der Region mitwirken⁴⁴.

Wie sich entwickelt hat, was heute ist und sich weiter verändert

Bereits ab 2012 machten sich die Mitarbeiter unter Ägide von Geschäftsführer Paul Habel mit Team- und Wertearbeit vertraut. Im Mai

⁴³ <http://www.gutmann-wire.com/unser-unternehmen/lernende-organisation-gad/>

⁴⁴ <http://www.reinventingorganizations.com/>; <https://www.amazon.de/Reinventing-Organizations-Gestaltung-sinnstiftender-Zusammenarbeit/dp/3800649136>

⁴² Beratergruppe Neuwaldegg GmbH, Wien, www.neuwaldegg.at

2015 war es dann soweit: Bis auf die gesetzlich vorgeschriebene Position des Geschäftsführers wurden sämtliche disziplinarische Funktionen wie Produktionsleiter, Schichtführer und Vertriebschef durch Verantwortungsbereiche ersetzt. Jeder Mitarbeiter entwickelte für sich eigenverantwortlich und zugleich in stetiger Kommunikation mit den Kollegen neu konfigurierte Aufgabenkomplexe. Da ergaben sich oft sehr gewandelte Zuständigkeiten, zudem in viel stärkerer Vernetzung mit anderen Aufgabenbereichen als in der alten Hierarchiestruktur. Es war und ist ein Prozess, der sich - wie es einer lernenden Organisation geziemt - unaufhörlich ist. Mitarbeiter entwickelten in Dialogkreisen und stetig geübter Praxis eigene Strukturen und Prozesse, ein früherer Schichtführer etwa zeichnet heute vornehmlich verantwortlich für Einsatz- und Urlaubsplanungen, indem er seinen Kollegen die von ihm konzipierten Strukturen zur Verfügung gestellt, die diese eigenverantwortlich füllen müssen. Der Prozess des kontinuierlichen Überprüfens, Anpassens, Verfeinerns von selbstgestalteten Strukturen und Prozessen ist ein unaufhörlicher.

Ein Geschehen kennzeichnet besonders deutlich den Wert der lernenden Organisation für die wirtschaftliche Positionierung des Unternehmens am Markt: Noch im „alten“ System mit der klassischen Führungspyramide konnte die GAD bei einem regelmäßig stattfindenden europäischen Bieterwettbewerb nicht mithalten; genauer gesagt, es fehlten der unbedingte Wille im Hierarchiegefälle und die daraus resultierende detaillierte Anlagen-Analyse der möglichen Potenziale. Ende 2017, jetzt im System der lernenden Organisation, und beim nächsten Bieterwettbewerb, war der Ehrgeiz erwacht: Die 10 000 Tonnen-Marke für Lieferungen an weiterverarbeitende Kunden sollte geknackt werden, weitere 800 Tonnen wirtschaftliches Wachstum standen als Ziel am Zenit. Um das zu erreichen, war allen klar: Jetzt brauchen wir das gesamte verfügbare Wis-

sen im Unternehmen. Ein Expertenkreis wurde zusammengerufen, in dem die Expertise der Produktionsmitarbeiter im Mittelpunkt stand. Und die Lösung zeigte sich: Die Maschinenkapazität bzw. die Geschwindigkeit der erforderlichen Anlage konnte durch eine Umprogrammierung erweitert werden. Jetzt war es möglich, den Preis des bislang stets unterbietenden Mitbewerbers (aus einem südeuropäischen Land) zu halten, ohne in der Gleichung Produktionsmenge / Zeitaufwand an Effizienz einzubüßen. GAD bekam den Zuschlag. Weiter gedacht hat die GAD sich durch diesen Sieg neue Kunden und neue Märkte erschlossen.

In all' diesen Bewegungen mutierte Ex-Geschäftsführer Habel zunehmend in die Rolle des Ermöglichers von Gestaltungsspielräumen, eng begleitet vom eigens für diesen Prozess eingestellten Organisationsentwickler, Coach und Mediator Michael Wolf. Die Autorin selbst hat das Unternehmen knapp zwei Jahre in der externen und internen Unternehmenskommunikation begleitet.

Von Mehrdeutigkeit und dem Mut zu offenen Fragen

Es darf nicht aus dem Blick geraten, dass dieses System der lernenden Organisation voller Spannungsfelder⁴⁵ steckt, kein (wie oft fälschlich vermutet) Kuschelkurs und Freiheitseldorado ist. Einfache Eindeutigkeit weicht einer anspruchsvollen Mehrdeutigkeit. Es wird dem Einzelnen viel mehr abgefordert, es gibt bspw. bei Zwistigkeiten unter Kollegen keinen mittleren Chef mehr, an den das Problem delegiert werden kann: Mach' 'Du mal Chef! Es gilt, neue Rituale der Anerkennung zu definieren: Wurde früher ein Meister zum Abteilungsleiter befördert, so gibt es solche disziplinarischen Funktionen in diesem Unternehmen heute nicht mehr: Und es ist ein stetiger Prozess von (Selbst-)

⁴⁵ http://www.gutmann-wire.com/fileadmin/user_upload/Download/Unternehmenskultur/Dokumentation-GAD-PDF-Ein-Unternehmen-erfindet-sich-neu-V02-200dpi.pdf

Behauptung und wechselseitiger Akzeptanz. Wie kann es gelingen, Wissen und Kompetenz ohne das Fundament der funktionalen Hierarchien zu platzieren und querschießende Kollegen zu überzeugen? Die größte Herausforderung aber liegt in der Inklusion auch solcher Kollegen, die sich in einer klassischen Hierarchie besser zurechtfinden oder auch einfach wohlerfühlen. Intrinsische Motivation, wie sie diesem System eigen ist, ist nicht jedermanns Sache.

Gerade diese außerordentlich komplexen Herausforderungen sind es zugleich, die in tiefem Maße und Verständnis menschliche Fähigkeiten fordern, auch die Toleranz, dass es auf Fragen möglicherweise keine Antwort gibt. Für Menschen, die all' dies sehen und verstehen, im Hellen und im Dunklen, kann sich aus dieser Art des Arbeitens eine große Freude entwickeln. Ein Vertriebsmitarbeiter bei GAD hat es so formuliert: „Es ist viel mehr Arbeit, auch mehr Stress, aber es macht verdammt viel mehr Spaß.“

Kooperationspartner Recherche:

Ralf Lemp: Berater Digitale Transformation und Prozessoptimierung, Gesellschafter Wissensvermittlungsagentur, international aufgestellt, <http://berlin-training.eu/>

Hinweis: Alle Links sind geprüft und gültig im September 2018

MULTIMODALE E-MOBILITÄTSKONZEPTE ZUR MOBILITÄTSSICHERUNG

Simon Mader, Dr. Christian Scherf, Udo Wagner
M-Five GmbH Mobility, Futures, Innovation, Economics
Karlsruhe, Oktober 2018

Die Versorgung mit Verkehrswegen sichert das Grundrecht auf soziale Teilhabe und stellt eine Grundvoraussetzung für die geistige, seelische und soziale Entwicklung der Bevölkerung dar. Die dadurch ermöglichte Verkehrsteilnahme von Personen ermöglicht als verbindendes Element die Erfüllung der Grunddaseinsfunktionen.

Dies sind im Wesentlichen:



Grunddaseinsfunktionen (Quelle: eigene Darstellung)

Die **Verkehrsmittelwahl** zur Sicherung dieser Grundbedürfnisse hängt dabei von vielfältigen Faktoren ab, wie etwa dem Alter einer Person, deren Fitness/Gesundheit, dem ÖV-Angebot, Verfügbarkeit von Fahrzeugen (Pkw, Fahrrad), Entfernung, Einsatzzweck und persönlichen Präferenzen oder Gewohnheiten. Die folgende Abbildung gibt Ergebnisse einer Umfrage über Entscheidungsfaktoren zur Verkehrsmittelwahl wieder, die das Meinungsforschungsinstitut Quotas 2016 im Auftrag des Verkehrsclubs Deutschland e.V.

unter mindestens 18-jährigen BewohnerInnen und Angestellten in Städten mit mindestens 100.000 Einwohnern durchgeführt hat.

Es wird deutlich, dass „weiche Faktoren“ wie Sicherheit, Privatsphäre und die eigene Tagesform gegenüber der Erreichbarkeit des Ziels, Einfachheit, Flexibilität und Zuverlässigkeit eine untergeordnete Rolle spielen.

Als **Multimodalität** wird die Nutzung verschiedener Verkehrsmittel innerhalb eines bestimmten Zeitraums bezeichnet. Sie ist der Gegenpol zur ausschließlichen Nutzung eines einzelnen Verkehrsmittels (Monomodalität) und umfasst die Intermodalität als besondere Unterform, bei der innerhalb eines „Weges“ (= Bewegung von einem Ort zum anderen, vgl. MiD Nutzerhandbuch) mehrere Verkehrsmittel verkettet werden. Multimodalität gilt durch die Nutzung der spezifischen Vorteile jedes Verkehrsmittels als die zentrale Lösung für ein nachhaltigeres Mobilitätssystem sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr. Gerade vor dem Hintergrund der anhaltenden Debatte um die Luftqualität in den urbanen Zentren, einem anziehenden Ölpreis und der sich abzeichnenden Mobilitätswende in Verbindung mit smartphone- und computerbasierten Services und Buchungssystemen erscheint der Zeitpunkt günstig, um innovative Personenverkehrskonzepte in Verbindung mit elektrifiziertem Antrieb zu entwickeln und ihre Verbreitung zu fördern. Nicht zuletzt kann Multimodalität durch geringeren Pkw-Besitz auch zu einer Aufwertung des durch den ruhenden Pkw-Verkehr dominierten öffentlichen Raumes führen. Aus diesen Gründen ist Multimodalität (zusammen mit Infrastruktur) einer der fünf Punkte der Grazer Deklaration vom 29./30. Oktober 2018.

Sowohl **Elektrifizierung** als auch Vernetzung werden in den kommenden Jahren verstärkt zu neuen Fahrzeugen, Mobilitätskonzepten und Verhaltensmustern in der



Ausschlaggebende Merkmale der Verkehrsmittel (Quelle: VCD E.V., 2016)

Freizeit- und Alltagsmobilität (Berufs-, Ausbildungs- und Versorgungsverkehr) führen. Beispielsweise verbreiten sich in Deutschland der Besitz und die Vermietung von Pedelecs, Elektroautos und E-Rollern, und im Ausland auch von Personal Light Electric Vehicles. Zu diesen elektrischen mit Höchstgeschwindigkeiten zwischen 12 und 40 km/h gehören insbesondere E-Scooter (Tretroller), E-Longboards, Hoverboards und Solowheels. Sie lassen sich optimal mit anderen Verkehrsmitteln kombinieren und zumindest elektrische Tretroller sollen in Deutschland nach jahrelangem Zögern noch in diesem Jahr (2018) oder spätestens 2019 vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur per Verordnung zugelassen werden.

Die Vernetzung unterschiedlicher Verkehrsmittel wird in Deutschland derzeit (noch?) insbesondere von den Verkehrsverbänden und regionalen Partnern vorangetrieben, welche zunehmend mit lokalen Anbietern von Leihfahrzeugen kooperieren. Seitens der Landkreise könnte es in den kommenden Jahren zu verstärktem Engagement für re-

gionales Mobilitätsmanagement kommen. In der Schweiz hingegen wird diese Vernetzung maßgeblich von den Schweizerischen Bundesbahnen vorangetrieben.

Gleichzeitig vollzieht sich ein **soziostruktureller Wandel**, geprägt durch Alterung der Arbeitnehmerschaft und ihrer Familie, Schrumpfung und Urbanisierung. Die Gesellschaft steht daher vor der Herausforderung, die in diesen Veränderungen enthaltenen Chancen zur Steigerung oder zumindest Aufrechterhaltung der Lebensqualität und Nachhaltigkeit zu nutzen und die Risiken frühzeitig zu identifizieren und entsprechend gegenzusteuern. Multimodalität und E-Mobilitäts-Konzepte können helfen, die Lebensqualität aller Teile der Bevölkerung, einschließlich der jüngsten und ältesten zu sichern und zu fördern und dies - so weit wie möglich - unabhängig von der gesundheitlichen Verfassung.

Dies führt zu folgenden Fragestellungen:

- Wie können Multimodalität und E-Mobilität für Beschäftigte attraktiver werden?

- Inwiefern können die Konzepte helfen, Fachkräften und ihren Familien die Mobilität in ländlichen Räumen zu erleichtern?
- Welche Anwendungsbeispiele werden bereits in öffentlichen und zivilgesellschaftlichen Initiativen gefördert?

Im Folgenden werden neben den konkreten Beispielen insbesondere auch die praktische Realisierbarkeit und Alltagstauglichkeit der Konzepte berücksichtigt. Hierzu zählt u.a. die Finanzierbarkeit und technische Möglichkeit, aber auch soziokulturelle Herausforderungen wie die individuelle Bereitschaft zur Verhaltensänderung und unterschiedliche Interessen zwischen den relevanten Akteuren.

DIE INTEGRATION VON MULTIMODALITÄT UND E-MOBILITÄT IN DEN BETRIEB

Die Nutzung verschiedener elektromobiler Angebote ist für die Mehrheit der Menschen in Deutschland noch kein Alltag. Die vorherrschenden Mobilitätsroutinen sind monomodal ausgerichtet, d.h. die meisten Personen nutzen überwiegend ein bestimmtes Verkehrsmittel. Ab der Volljährigkeit ist dieses Verkehrsmittel oft der private Pkw, auch wenn in bestimmten Regionen und Bevölkerungsgruppen alternative Verkehrsmittel, z.B. das eigene Fahrrad, der öffentliche Verkehr oder zunehmend auch gemeinschaftlich genutzte Fahrzeuge (z.B. Carsharing), diesen Platz eingenommen haben. Alternative Nutzungskonzepte und elektrische Antriebe stellen jedoch an die Bevölkerungsmehrheit insgesamt neue Anforderungen.

In ihrer heutigen Form eignen sich gemeinschaftliche Nutzungsmodelle und Elektrofahrzeuge weitaus weniger zur Universalnutzung als herkömmliche Fahrzeuge. Dies hat zum einen technische, zum anderen aber auch organisatorische Gründe: Das Angebot an gemeinschaftlichen Fahrzeugen und die Reichweiten heutiger Elektrofahrzeuge

sind zwar statistisch gesehen für die allermeisten Alltagsanlässe ausreichend, aber es bleibt die Sorge der Fahrerinnen und Fahrer, was bei ungeplanten Ereignissen zu tun ist. Wie kann die Mobilität in Räumen gesichert werden, in denen sich mangels Nachfrage keine Gemeinschaftsangebote rentieren? Wie können spontan größere Entfernungen zurückgelegt werden, die keine Zeit zum zwischenzeitlichen Nachladen der Batterien lassen - etwa bei einer spontanen Dienstreise? Habe ich als ArbeitnehmerIn die Gewähr, eine Sharing-Fahrzeug oder eine freie Ladestation am Arbeitsplatz vorzufinden? Es gibt also eine Reihe von Gründen, die eine direkte Übertragung monomodaler Mobilitätsroutinen auf alternative Angebote und die Elektromobilität schwierig machen. Nicht jeder Beschäftigte hat die Gelegenheit und das Geld, sich prophylaktisch bei diversen Sharing-Diensten anzumelden, das jeweils reichweitenstärkste Elektroautos zu nutzen und auf exklusive Lademöglichkeiten zuzugreifen. Alternative Angebote und elektrische Antriebe legen es daher von sich aus nahe, über multimodale Nutzungsweisen nachzudenken, bei denen eine Vielfalt an Verkehrsmitteln in Kombination eingesetzt wird, die öffentlich zugänglich, gemeinschaftlich nutzbar sind und mit Strom aus regenerativen Quellen fahren.

Das damit verbundene Nutzerverhalten kann vielleicht am ehesten mit der außeralltäglichen Mobilität verglichen werden, wie sie an Urlaubsorten herrscht: per Bahn zum Zielort, per Taxi ins Hotel, per Mietrad auf Fahrradtour usw. Ein solches Mobilitätsverhalten ist für viele Menschen im beruflichen und privaten Alltag aber nicht üblich. Es bedarf daher unterschiedlicher Mittel, um es alltagstauglich zu machen. Im Folgenden werden mehrere solcher Integrationsmittel vorgestellt, wobei die Möglichkeiten in Bezug auf Arbeitsstätten und betriebliche E-Mobilitätskonzepte im Fokus stehen. Die genannten Konzepte bauen aufeinander auf, indem zu-

nächst auf die allgemeinen Voraussetzungen für E-Mobilitätskonzepte im betrieblichen Kontext eingegangen wird und abschließend auf konkretere Implikationen für die Alltagsmobilität der Beschäftigten.

Politische Integrationskonzepte

Mit den politischen Mitteln der Integration werden oft staatliche oder kommunale Maßnahmen zur Förderung bestimmter Mobilitätsformen verbunden. Sie sind aber teilweise auch auf die Ebene der Unternehmenspolitik übertragbar. Die Konzepte beziehen sich dann darauf, wie die Nutzung elektromobiler Angebote in den betrieblichen Alltag eingebaut wird. Ob Alternativen zur modalen bzw. nichtelektrischen Verkehrsmittelnutzung überhaupt in Betracht gezogen werden, hat sehr viel mit den betrieblichen Gepflogenheiten und auch dem Vorbild der Unternehmensführungen und Kollegenkreise zu tun. Dies kann schon in der Einladung zum Bewerbungsgespräch zum Ausdruck kommen, in welcher ein kostenloser Parkplatz angeboten, eine sonstige Übernahme der Reisekosten hingegen abgelehnt wird. Die Mobilitätsforschung hat gezeigt, dass Menschen ihr Verhalten üblicherweise dann verändern, wenn biografische Änderungen eintreten. Der Wechsel der Arbeitsstelle, womit oft auch eine Wohnortwechsel verbunden ist, bildet genau eine solche Änderung. Hier kann die unternehmenspolitische Integration eines E-Mobilitätskonzepts in betriebliche Prozesse seinen Ausgang nehmen. Mobilitätsangebote unter Einbezug von Elektromobilität können zu einem Element der Außendarstellung des Arbeitgebers werden, das bereits in Ausschreibungen für neue BewerberInnen genannt wird. So kann etwa als Anreiz für Neueinsteiger neben der Verfügbarkeit von Jobtickets und Auszeichnungen wie „fahrradfreundliche Arbeitgeber“ auf den Entleih elektrischer Firmenfahrzeuge (E-Autos, E-Fahrräder) hingewiesen werden oder der Hinweis eingestreut werden, dass Lademöglichkeiten vorhanden sind. Die Be-

sonderheit solcher Angebote von ArbeitgeberInnen an ihre Beschäftigten erhöht die Alleinleistung. Als Imageträger können sie insbesondere umweltbewusste, gesundheitsaffine, multimodal orientierte und jüngere ArbeitnehmerInnen ansprechen. Voraussetzung ist allerdings, dass diese Formen der (E-)Mobilität im Betrieb dann auch tatsächlich gelebt werden.

Für innerbetriebliche Verkehrswenden sind meistens Mentalitätswechsel und zusätzliche Mittel erforderlich, was einzelne Unternehmen oft nicht alleine bewältigen können. Es ist daher ratsam, ein Netzwerke zu Partnern aufzubauen. Dies kann etwa ein benachbartes lokales Carsharing- oder Bikesharing-Unternehmen sein, das Elektrofahrzeuge einsetzt.

Dass dies nicht nur in Großstädten und Großunternehmen funktioniert, zeigt ein Beispiel aus Osnabrück. Dort kooperiert ein Carsharing-Unternehmen - an dem die kommunalen Stadtwerke beteiligt sind - mit einem mittelständischen Logistikdienstleister, indem beide im Rahmen eines „Corporate Carsharing“ kooperieren. Das bedeutet, dass die Fahrzeuge nicht nur durch einzelne Privatpersonen angemietet werden, sondern auch durch ein ganzes Unternehmen, das den Umfang seiner Firmenwagenflotte reduzieren kann, indem es als Dienstwagen auch Autos aus der Carsharing-Flotte einsetzt. Zudem wird das elektronische Buchungssystem des Carsharing-Anbieters genutzt (Lahmann-Lammert 2016). Das Osnabrücker Beispiel zeigt außerdem, dass „Corporate Carsharing“ auch andersherum funktioniert: Firmenfahrzeuge werden zu bestimmten Zeiten in die Carsharing-Flotte gegeben und erweitern somit das Angebot an öffentlich nutzbaren Pkw auch gegenüber firmenexternen Carsharing-Mitgliedern. Zwar basiert der Ansatz in Osnabrück weitgehend auf konventionellen Autos, aber eine solche Partnerschaft bildet eine geeignete Basis für die Integration von Elek-

trofhrzeugen. Bereits heute bietet Stadtteilauto Osnabrück die Elektroautos seiner Flotte auch Geschäftskunden an (Stadtteilauto 2018).

Ein solches Modell ist auch für Neuanschaffungen interessant: Da sich der Carsharing-Anbieter und die Unternehmen die Investitionskosten unter sich aufteilen und durch den Verleih schneller refinanzieren können, sind die teureren Anschaffungskosten leichter abzufedern. Wenn die Unternehmen über eigene Parkplatzflächen verfügt, kann dort mit Unterstützung der Partner die Ladeinfrastruktur errichtet werden. Öffentlich zugängliche Entleihstationen auf privatem Grund sind wiederum für Carsharing-Anbieter interessant, da Carsharing-Stationen im öffentlichen Straßenraum aufwändiger geplant und genehmigt werden müssen.

Auch die örtliche Kommune ist ein möglicher Partner für Unternehmen, da es für öffentliche Akteure einerseits einfacher sein kann, an staatliche Fördermittel zum Aufbau elektromobiler Infrastrukturen zu gelangen und Kommunen andererseits nach Anknüpfungspunkten suchen, um öffentliche Maßnahmen sichtbar und erlebbar zu machen. Zusätzlich zum Aufbau lokaler Netzwerke profitiert die Entwicklung betrieblicher E-Mobilitätskonzepte auch von überregionalen Partnerschaften. In Betracht kommt beispielsweise eine Mitgliedschaft in den einschlägigen Verbänden wie dem Bundesverband E-Mobilität (BEM), dem Bundesverband solare Mobilität (bsm) oder - für Einzelmitglieder - dem Verkehrsclub Deutschland (VCD). Die Verbände verfügen über langjährige Expertise und Beispiele für erfolgreiche E-Mobilitätskonzepte, die dabei helfen, typische Starthemmnisse zu umgehen.

Schließlich gibt es politische Konzepte, bei denen die Kooperation zwischen öffentlicher Hand und privaten Unternehmen der Daseinsvorsorge dient. In bestimmten ländlichen

Regionen fällt es schwer, den öffentlichen Personennahverkehr zum Zwecke der Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse im gesamten Bundesgebiet aufrechtzuerhalten. Durch den Wegzug von Auszubildenden und Berufseinsteigern sowie der rückläufigen Zahl an schulpflichtigen Kindern und Jugendlichen wird die Basis der ÖPNV-Nutzenden in diesen Regionen immer dünner. Das Abflachen der üblichen Stoßzeiten im ÖPNV, wie z. B. zum Beginn und Ende des Schulunterrichts, stellt den Einsatz großer Beförderungsfahrzeuge mit Verbrennungsmotor infrage. Dennoch gibt es weiterhin Bevölkerungsgruppen, die aus unterschiedlichen Gründen keinen eigenen Pkw besitzen und daher zur Überbrückung längerer Wege auf öffentliche Angebote angewiesen sind oder diese bewusst bevorzugen. Jedoch scheitert die private Anschaffung kleinerer Elektrofahrzeuge häufig an deren Verfügbarkeit und der Finanzierung der Ladeinfrastruktur. Daher wird auf dem Land stellenweise versucht, die Daseinsvorsorge im öffentlichen Verkehr durch kleinere und elektrische Fahrzeuge zu gewährleisten. Warum sollte etwa ein 80-sitziger Dieselbus eingesetzt werden, wenn auf freie Kapazitäten in sonstigen Fahrzeugen zurückgegriffen werden kann, die aus anderen Gründen regelmäßig verkehren? In Betracht kommen z.B. Fahrzeuge von Außendienstmitarbeitenden, Postbotinnen, Landärztinnen, Geistlichen oder Pendlern. Über eine telefonische Mobilitätszentrale bzw. eine digitale Onlineplattform können BewohnerInnen Fahrtwünsche angeben und bekommen ggf. passende Mitfahroptionen angeboten. Eine Aufwandsentschädigung für die Personenmitnahme kann umgekehrt private Unternehmen dazu animieren, freie Plätze in ihren Fahrzeugen für Mitfahrten anzubieten. Die Zentrale bzw. Plattform selbst wird in der Regel von einem öffentlichen Träger bereitgestellt, der die Integration in den örtlichen Nahverkehr vornimmt und für etwaige Ersatzfahrten sorgt, wenn z. B. für einen Fahrtwunsch aktuell kein Mitfahrangebot vorliegt.

Ein solches Konzept wird beispielsweise im Projekt „Mobilfalt“ durch den Nordhessischen Verkehrsverbund getestet (NVV 2018). Das Projekt startete im April 2013 und wurde im Rahmen des Nachfolgeprojekts „Get-Mobil“ von 2015 bis 2018 evaluiert (NaWiKo 2016). Als zentrale Herausforderung wurde dabei die seltene Passung zwischen Angebot und Nachfrage festgestellt. Die Fahrplananbieter mussten sich an Fahrpläne halten und ihre Aufwandsentschädigung war aus rechtlichen Gründen gering. Unter diesen Umständen kam oft keine Mitfahrt zustande. Daher wurden für den Großteil der Fahrten statt Privatfahrzeuge Taxis gerufen. Schon geringe Abweichungen zwischen Fahrtwunsch und Fahrtangebot konnten dazu führen, dass vom Buchungssystem nur ein Taxi vorgeschlagen wurde. Da die Taxipreise durch den Projektträger vergünstigt wurden, bestand für NutzerInnen kein finanzieller Nachteil. Die Subventionierung des Taxis ist immer noch günstiger als Leerfahrten mit Bussen (Winkelkotte 2015: 28f.). Kritiker hinterfragten allerdings, ob es sich bei so wenig passenden Mitfahrangeboten überhaupt noch um ein Mitfahrssystem handelt (ebd.).

Da besonders im ländlichen Raum auch kleinere Fahrzeuge als die im Nahverkehr häufig eingesetzten 12-Meter-Busse für die Personenbeförderung in Frage kommen und diese nicht den gesamten Tag zu fahren brauchen, bieten sich Einsatzoptionen für Elektrofahrzeuge. Ein E-Auto als öffentliches Gemeindefahrzeug – etwa wie im Projekt „Emma“ am Bodensee – kommt auch örtlichen Gewerbetreibenden und Selbständigen zugute. Nach dem Prinzip „Bürger fahren für Bürger“ bietet das Projekt „Emma“ ein Elektroauto von ehrenamtlich tätigen Bürgerinnen und Bürgern als Fahrdienst innerhalb der Region. Die BewohnerInnen melden ihre Fahrtwünsche bis zu einer Stunde vorher an und werden an einem Haltepunkt in ihrer Nähe abgeholt. Das Konzept besteht auch seit Ende des Förderzeitraumes fort (Netzwerk Oberschwaben 2018).

Informatorische Integrationskonzepte

Das tatsächliche Aufgreifen alternativer Konzepte durch die Beschäftigten gelingt jedoch nur, wenn sie überhaupt davon erfahren und vom Nutzen überzeugt werden. Diesbezüglich Maßnahmen beginnen beispielsweise mit Informationsmaterial für Neueinsteiger zum Stellenantritt oder auf Betriebsversammlungen.

Die einmalige Benachrichtigung über neue oder alternative Angebote kann jedoch nur ein erster Schritt sein. Die Neigung zum Rückfall in die gewohnten Mobilitätsmuster ist im Allgemeinen sehr ausgeprägt. Wichtig ist es daher, Informationsmedien zu nutzen, die regelmäßig frequentiert werden, z. B. das „schwarze Brett“ in der Kantine, die Startseite des Intranets oder ein firmeninterner Newsletter.

Die Informationen brauchen sich aber nicht nur an die eigenen Beschäftigten zu richten, sondern können auch an externe Gäste oder Zulieferer des Unternehmens adressiert sein. Eine Möglichkeit, Informationen über E-Mobilitätskonzepte nach außen zu tragen, ist die Anpassung der Anreiseinformationen auf der Unternehmenswebseite, in der explizit auf Abstell-, Lade- und Entlehmöglichkeiten für und von Elektrofahrzeugen hingewiesen wird. Selbstverständlich empfiehlt es sich, erst dann mit der Außenkommunikation zu beginnen, wenn die Konzepte firmenintern weit genug erprobt sind, um die Funktionsfähigkeit weitestmöglich zu gewährleisten. Bei der Erprobung durch die Beschäftigten muss zwar auch schon ein Mindestmaß an Funktionssicherheit gewährleistet sein, aber der vorhergehende, firmeninterne Test schafft eine Möglichkeit zur Beseitigung technischer „Kinderkrankheiten“ und erster Akzeptanzhürden.

Nicht zuletzt spielen auch Details wie die Aufschriften auf Firmenschildern und, sofern vorhanden, Firmenfahrzeugen eine Rolle, die

auch im übertragenen Sinne mögliche „Aushängeschilder“ auf die Unterstützung der Elektromobilität sind. Bei der Gestaltung der Informationsmaterialien bieten vergleichbare Initiativen in ähnlichen Unternehmen Orientierungshilfe. Eventuell kann hierzu ein neu entstehendes oder zu initiiertes Partnernetzwerke zur Förderung der Elektromobilität hilfreich sein, denn auch für informationelle Konzepte sind Kooperationen zwischen Unternehmen und externen Einrichtungen von hoher Bedeutung.

Sofern im Einzugsgebiet des Unternehmens vorhanden, sind Mobilitätszentralen vielversprechende Kooperationspartner für die Einholung und Verbreitung von verkehrsrelevanten Informationen für die Beschäftigten. Mobilitätszentralen informieren über Mobilitätsangebote auf städtischer oder regionaler Ebene. Im Unterschied zu Kundenzentren des öffentlichen Nahverkehrs beraten Mobilitätszentralen über eine größere Bandbreite unterschiedlicher Angebote, wie z. B. Fahrradinfrastruktur, Mitfahr- und Sharing-Dienste sowie über Tarife und Tickets für Busse und Bahnen. Sie bieten Onlineauskünfte, aber auch persönliche Beratung an öffentlich zugänglichen Anlaufpunkten (EPOMM 2012).

Unternehmen können in doppelter Hinsicht von Mobilitätszentralen profitieren: Sie können sich Informationen über Mobilitätsangebote an ihren Unternehmensstandorten einholen und diese an ihre Beschäftigten weitergeben. Umgekehrt können Unternehmen ihrerseits Bedarfe der Beschäftigten und Wünsche der Firmenleitung an Mobilitätszentralen weitergeben, die diese wiederum an öffentliche Behörden und Träger vermitteln. Der Wunsch nach mehr Mobilitätsangeboten und Elektromobilität ist eine der möglichen Mitteilungen, die Unternehmen an Mobilitätszentralen richten können. Eine nutzerorientierte Mobilitätszentrale wird an diesen Rückmeldungen ein besonderes Interesse haben, denn die Kenntnis der Nachfragesei-

te steigert letztlich ihre Auskunftqualität. Für Mobilitätszentralen haben Kontakte zu Unternehmen gegenüber Kontakten zu Einzelnutzern den Vorzug, eine größere Zahl potenzieller Interessenten auf einmal anzusprechen bzw. auf einen Schlag zahlreiche Bedarfe und Wünsche zu erfahren.

Durch Kooperationen mit Mobilitätsdienstleistern bieten einzelne Mobilitätszentralen über die reine Information hinaus Zugang zu Diensten und Leistungen. Sie können beispielsweise kostengünstige Komplettpakete aus Nahverkehrsabonnement, Bike- und Carsharing oder Chauffeurdienste für Firmenkunden zusammenstellen.

Auch dabei hilft die Bündelung durch Kontakte zu Betrieben und ihren Beschäftigten, da sich Rabatte und Vorzugkonditionen umso leichter aushandeln lassen, je größer der erreichbare Nutzerkreis ist. Aufgrund ihres Nachfragepotenzials befinden sich besonders größere Unternehmen gegenüber Mobilitätsanbietern in der Position, konkrete Vorschläge zu formulieren. So kann eine Firma mit Verweis auf die Wünsche der Beschäftigten z. B. ein ÖPNV-Jobticket oder einen Carsharing-Rabatt unter Nutzung von Elektrofahrzeugen und regenerativem Strom vorschlagen. Unternehmen können Mobilitätszentralen damit Argumente liefern, um bei den örtlichen Nahverkehrsbetrieben oder Carsharing-Anbietern auf einen verstärkten Einsatz nachhaltiger Elektromobilität hinzuwirken.

Digitale Informationswege sind auch ein elementarer Integrationsbaustein für E-Mobilitätskonzepte im öffentlichen Verkehr. Heute scheitert die multimodale Praxis oft noch an der mangelnden informationellen Vernetzung zwischen unterschiedlichen Mobilitätsanbietern. Im öffentlichen Nahverkehr steht auf vielen Verbindungen oft nur ein bestimmtes Verkehrsmittel zur Verfügung über dessen Verspätung und Ausfall die

Fahrgäste teilweise zu spät oder gar nicht informiert werden. Fährt beispielweise ein Pendler morgens per Bus zum Bahnhof, kann die Verspätung des Busses den Verlust des Anschlusszuges nach sich ziehen. Ein rechtzeitiges Alternativangebot für Beschäftigte setzt eine frühzeitige Information über Ausweichoptionen voraus. Die dazu notwendigen Elemente wurden im Projekt „Smart Station“ erforscht, das von 2015 bis 2018 im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums durchgeführt wurde. Eine Smart Station wurde dabei als intelligente Haltestelle im öffentlichen Raum konzipiert, über die via Smartphone bevorstehende Verspätungen an Reisende gesendet, alternative Reisemöglichkeiten vorgeschlagen und auch Buchungen ermöglicht werden. In einem fiktiven Fallbeispiel wurde detailliert durchgespielt, welche Prozesse und Schnittstellen erforderlich wären, um z. B. einem morgentlichen Pendler den Standort eines elektrischen Carsharing-Autos sowie eine Parkplatzreservierung am Bahnhof anzubieten (Kindle et al. 2018: 39).

Technische Integrationskonzepte

Auch ausgefeilte Kooperations- und Informationskampagnen dürften aber erfolglos bleiben, wenn nachfolgend nicht auch die tatsächliche Machbarkeit der Angebote und Alternativen unter Beweis gestellt wird. Spätestens an dieser Stelle sollten sich die Betriebe und Beschäftigten mit konkreten technischen und infrastrukturellen Erfordernissen auseinandersetzen. Für die Realisierung von Ladesäulen an Firmenparkplätzen sowie Abstell- und Anschlussmöglichkeiten für elektrische Kleinfahrzeuge sind ggf. auch baurechtliche Genehmigungen einzuholen. Ein gewöhnliches Fahrrad lässt ein Beschäftigter möglicherweise noch bei Wind und Wetter im Regen stehen, aber bei einem teuren E-Fahrrad mit Tretunterstützung (Pedelec) kann ein Witterungsschutz mit Beleuchtung und Diebstahlschutz eine wichtige Voraussetzung sein. Öffentliche Ladestationen für E-Fahrräder wirken zum Teil noch lieblos und

ungeschützt (siehe Abbildung 1). Im betrieblichen Kontext besteht die Chance, das Design mehr an die Bedürfnisse der Beschäftigten anzupassen.

Die Akkus der Fahrräder können bei vielen Modellen einfach abmontiert und extern aufgeladen werden (siehe Abbildung 2). Doch wenn nicht nur einzelne MitarbeiterInnen per Pedelec zur Arbeit fahren, sondern Dutzende, empfiehlt es sich, bauliche Vorsorge zu schaffen. Die Anpassungen können daher auch die Betriebsgebäude selbst betreffen, indem z. B. Ablageorte und Anschlüsse für die Pedelec-Akkus eingerichtet werden. Auch NutzerInnen von E-Fahrrädern betätigen sich auf der Fahrt körperlich, geraten ins Schwitzen und könnten daher auf Duschen am Arbeitsplatz angewiesen sein.



Beispiel für eine öffentliche Elektrofahrrad-Tankstelle in Ulm (Quelle: Benutzer Nightflyer auf Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elektrofahrrad-Tankstelle_Ulm_IMG_3141.jpg, Lizenz CC BY-SA 3.0 DE)



Bosch Li-Ion-Akku „Powerpack 400“ für Bosch Pelelecs. 36 V, 11 Ah, 400 Wh (Quelle: Benutzer Stefan Bellini auf Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bosch_Pedelec_Battery.JPG, Lizenz WTFPL)

Letztlich muss die gesamte Aktivitätskette von der Fahrt über die Ankunft am Arbeitsplatz bis zur Aufnahme der eigentlichen Arbeitstätigkeit berücksichtigt werden, um zu prüfen, wo genau infrastrukturelle und technische Anpassungen erforderlich sind.

Neuland sind diejenigen elektrischen Verkehrsmittel, die bisher noch keine große Verbreitung fanden, etwa elektrische (E-)Klappräder, (E-)Kick-Scooter oder (E-)Skateboards. Einerseits lassen sie sich aufgrund ihrer geringen Größe gut in Verbindung mit anderen Verkehrsmitteln nutzen, etwa bei der Mitnahme im öffentlichen Nahverkehr. So bieten diverse Verkehrsverbünde in Kooperation mit dem Allgemeinen Deutschen Fahrradclub (ADFC) ein vergünstigtes Klapprad an. Ähnliche Kooperationen könnten auch größere Unternehmen und örtliche Nahverkehrsbetriebe eingehen.

Andererseits können bei verstärkter Inanspruchnahme solcher Angebote wiederum bauliche Engpässe auftreten, wenn die vorhandenen Infrastrukturen noch nicht an die neuen Verkehrsmittel angepasst sind. Auch kleine Verkehrsmittel brauchen zusätzliche Flächen, wenn sie in größeren Mengen genutzt werden. Dies betrifft z.B. Bushaltestellen und Businnenräume bei starker Radmit-

nahme sowie Einfahrten, Absperrungen und Beschilderungen. An erster Stelle steht bei den Umgestaltungen allerdings die Sicherheit der NutzerInnen wie auch Unbeteiligter, für welche zumindest auf dem Firmengelände die Unternehmensleitungen verantwortlich ist. Dabei ist auch dafür Sorge zu tragen, dass durch etwaige bauliche Veränderungen keine neuen Hindernisse für mobilitätseingeschränkte Personen entstehen.

Für das Angebot von Elektrofahrzeugen ist nicht zuletzt die Ladeinfrastruktur und die Stromversorgung entscheidend. Hierzu haben Unternehmen die Möglichkeit, öffentliche Förderungen in Anspruch zu nehmen, denn die Installation von Stromanschlüssen in Form von Ladesäulen ist – neben ggf. gesonderten Parkplätzen – ein besonders investitionsintensiver Kostenpunkt bei der Integration von E-Mobilitätskonzepten in den Betrieb. Der zusätzliche Stromverbrauch selbst hängt stark vom jeweiligen Fahrzeug ab: für E-Fahrräder (Pedelecs) und elektrischer Kleinfahrzeuge wie Elektroroller dürften die firmeninternen Stromnetze in der Regel ausreichend ausgelegt sein. Anders kann es sich ggf. beim Einsatz einer größeren Firmenflotte aus Elektroautos oder -transportern verhalten. In diesem Fall empfiehlt es sich, vorab eine fachliche Expertise hinsichtlich der erforderlichen Netzkapazität, Sicherungen und ggf. notwendiger Aggregate einzuholen.

Besonders hohe Ansprüche an die technische und bauliche Gestaltung stellt schließlich das automatisierte Fahren, für das bisher auf betrieblicher Ebene nur wenige Fallbeispiele vorliegen. Hierzu zählt etwa der Test eines automatisierten, elektrischen Shuttlebusses auf dem Berliner EUREF-Campus. Auf dem halböffentlichen Areal in Berlin-Schöneberg wird seit dem Jahresende 2016 eine ca. 800 Meter lange Teststrecke mit einem fahrerlosen Fahrzeug und mehreren Haltestellen betrieben. Aus rechtlichen und sicherheitstechnischen Gründen finden die Fahrten unter Begleitung



Ein fahrerloser und elektrischer Shuttlebus auf dem Berliner EUREF-Campus
(Quelle: InnoZ GmbH/MaxPowerPhoto)

von Sicherheitspersonal statt, welches im Bedarfsfall eingreift (Hunsicker et al. 2017). Die Versuchsanordnung zielt insbesondere auch auf die Einbindung der örtlichen Unternehmen des Campus-Areals ab. Zwar erfüllt der Shuttle aufgrund seiner geringen Fahrstrecke derzeit noch kein echtes Verkehrsbedürfnis, doch für die angesiedelten Firmen bietet das futuristische Fahrzeuge einen willkommenen Anlass, Beschäftigten und Gästen zukünftige Optionen der verkehrstechnischen Anbindung ihres Standortes schon heute zu demonstrieren. Einer der nächsten Schritte ist der Einsatz des Shuttles zur Anbindung des Campus an bis zu zwei nahegelegene S-Bahnstationen. Dies zielt auf eine typische Akzeptanzhürde des öffentlichen Verkehrs ab: die mangelnde Überbrückung der sogenannten „letzten Meile“, in diesem Fall zwischen Bahnhof und Arbeitsort. Aufgrund der Personalkosten lohnt es sich für die Nahverkehrsbetriebe oft nicht, Zubringbusse auf relativ kurzen Strecken einzusetzen. Mit zunehmender Alltagstauglichkeit fahrerloser E-Busse könnte sich dies ändern.

Finanzielle und nicht monetäre Anreizsysteme

Auch wenn Informationen über alternative Wege zur Arbeit verankert sind und die Angebote in ausreichender Zahl funktionstüchtig vorhanden sind, ist dies keine Gewähr für die Inanspruchnahme. Die Erkenntnisse der Mobilitätsforschung zeigen, dass NutzerInnen dazu neigen, nach einmaligen Mobilitätserfahrungen häufig wieder in die alten Routinemuster zurückzufallen, wenn keine dauerhaften Anreize zur weiteren Nutzung bestehen.

Ein übliches Mittel sind finanzielle Anreize, etwa die vergünstigte Nutzung elektrischer Leihfahrzeuge durch Firmenangehörige durch Zuschuss der Firmenleitung. Im September 2018 meldete der Münchner Betriebsrat von BMW beispielsweise, dass die 40.000 MitarbeiterInnen ab sofort Dienstfahräder leasen können. Die Kosten dafür werden mit der Erfolgsvergütung verrechnet. Es ist aber wichtig, darauf hinzuweisen, dass monetäre Mittel nicht der einzige Anreizfaktor sind und sich ihre Wirkung mit der

Zeit abschwächen kann, wenn nicht weitere handlungserleichternde Hilfestellungen hinzukommen.

In der Fachliteratur wird seit einigen Jahren das sogenannte Nudging kontrovers diskutiert (Thaler/Sunstein 2009). Der Begriff stammt aus dem Englischen und bedeutet ungefähr „Stups“ oder „Anstoß“. Gemeint sind unterschwellige Anreize zu gewünschtem Handeln - oder auch kleine Hürden für unerwünschtes Handeln -, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass bestimmte Optionen von den Adressaten aufgegriffen werden. Dies können scheinbare Nebensächlichkeiten wie die Standardeinstellung des Kopierers zum doppelseitigen Ausdruck sein oder die bequeme Griffhöhe gesunder Lebensmittel in der Kantine. Für das Nudging-Konzept ist es elementar, dass es keinen Zwang darstellt: den NutzerInnen wird grundsätzlich die Wahl gelassen, für welche Option sie oder er sich entscheidet. Die gewünschte Option wird aber so gestaltet, dass sie möglichst einfach und intuitiv wahrzunehmen ist. Daher steht das Konzept in der Kritik normierend bzw. bevormundend zu sein. Um den Eindruck einer besserwissenden Steuerung „von oben“ zu vermeiden, sollten solche Ansätze daher unter Einbezug der Beschäftigten entwickelt werden und die Entscheidungsoptionen möglichst transparent bleiben.

Was heißt Nudging im Zusammenhang mit multimodalen E-Mobilitätskonzepten? Es beginnt mit der Wahl der Abstellplätze: Eine Pedelec-Box oder eine Carsharing-Station werden voraussichtlich nicht genutzt, wenn sie sich an einem abgelegenen und unbeleuchteten Ort auf dem Firmengelände befinden. Sie sollten ins Zentrum, dorthin wo die beliebtesten Mitarbeiterparkplätze sind. Gleiches gilt für die Integration in die betrieblichen Regelungen: Wenn den Beschäftigten z. B. zuerst und standardmäßig ein eigenes Dienstfahrzeug angeboten wird, werden Alternativen nicht wahrgenommen.

Eine Alternative dazu ist das Mobilitätsbudget, das bereits in einigen Großunternehmen getestet wird (Steindl/Inninger 2016): Statt eines Dienstwagens erhalten die Beschäftigten einen vereinbarten Betrag zur Verfügung gestellt, den sie wahlweise für unterschiedliche Mobilitätsangebote wie Bahnreisen (inklusive BahnCard), Taxifahrten und Leihfahrzeuge einsetzen dürfen. Es liegt nahe, ein solches Budget zunächst auf den Preisen basieren zu lassen, es also mit einer finanziellen Obergrenze zu versehen. Perspektivisch ist es aber denkbar, auch andere Maßeinheiten wie z. B. Streckenkilometer, CO₂-Emissionen oder die Nutzung von „Grünstrom“ einzusetzen. Dies würde bedeuten, dass ein Beschäftigter beispielsweise das firmeneigene E-Fahrrad nahezu unbegrenzt verwenden darf, da es wenig Streckenkilometer verbraucht, kaum CO₂-Emissionen verursacht und sich mit „grünem Strom“ laden lässt. Bei der Nutzung eines konventionell angetriebenen Dienstfahrzeuges mit Verbrennungsmotor oder einer Flugreise wäre das Budget hingegen nach wenigen Nutzungen aufgebraucht. Durch solche Steuerungsinstrumente wird die nachhaltige Gestaltung der Wegeketten durch ein größeres Maß an individuell verfügbarer Mobilität belohnt.

Im Kontext einer nachhaltigen Mobilität ist Multimodalität kein Selbstzweck, sondern sollte so gestaltet sein, dass ökologische, soziale und ökonomische Ziele erreicht werden. Mit dem Mobilitätsbudget können auch ökonomische Ziele eines Unternehmens erreicht werden, denn langfristig kann ein umweltfreundliches Verkehrsmittel auch ein kostengünstiges sein, da weniger Kraftstoffkosten entstehen, etwaige Fahrverbote umgangen werden und innovative und gesundheitsbewusste Mitarbeitende angelockt werden. Damit wird die übliche Anreizlogik gleichsam umgedreht: Statt die Mitarbeitenden durch steuervergünstigte Firmenwagen zu einem autozentrierten Lebensstil anzuregen werden Experimentierräume geschaffen, in welchen die Beschäftigten selbst erleben

können, welcher Verkehrsmittelmix für welche Situation am geeignetsten ist. Hierbei besteht noch hohes, bislang weitgehend ungenutztes Gestaltungspotenzial.

Auf der betrieblichen Ebene lassen sich manche Konzepte testen, die sich gesamtgesellschaftlich derzeit aus rechtlichen oder politischen Gründen (noch) nicht für die breite Masse umsetzen lassen. Beispielsweise wäre es denkbar, den Beschäftigten zwar Dienstwagen anzubieten, aber nur dann, wenn diese einerseits elektrisch sind und andererseits beim Peer-to-Peer-Carsharing angemeldet werden. Peer-to-Peer bedeutet, dass die Fahrzeuge zwischen zwei Privatpersonen verliehen werden. Das Carsharing-Unternehmen übernimmt nur die Vermittlung.

Seit Frühjahr 2018 kooperieren etwa der Mietwagenanbieter Europcar und das Peer-to-Peer-Carsharing SnappCar, indem Mietfahrzeuge ab einem Jahr Mindestlaufzeit einem „Hauptmieter“ zur Verfügung gestellt werden (John 2018). Der Hauptmieter kann die monatlichen Raten reduzieren, indem er sein Fahrzeug über die Plattform von Snappcar an „Untermieter“ weitergibt. Die Rolle des Mietwagenanbieters könnte auch ein Unternehmen mit elektrischer Firmenwagenflotte übernehmen. Die Hauptmieter wären dann die Firmenangehörigen, die die Fahrzeuge an firmenexterne „Untermieter“, weitergeben können, wenn sie diese gerade nicht brauchen. Der Verleih würde also nicht nur zentral vom Firmengelände aus funktionieren, wie in Osnabrück, sondern auch dezentral vom jeweiligen Standort des Fahrzeugs aus. Die Beschäftigten und ihre Angehörigen könnten dadurch schrittweise auf ein Leben ohne privaten (Verbrenner-)Pkw vorbereitet werden.

Integration in den privaten Alltag der Beschäftigten

Wie praxistauglich die multimodalen E-Mobilitätskonzepte tatsächlich sind, erweist sich letztlich erst im privaten Alltag der Be-

schäftigten. Erst wenn den Mitarbeitenden die Übertragung von den beruflichen in die privaten Routinen gelingt, bietet die Konzepte die notwendige Flexibilität für unterschiedliche Lebensbereiche. Zugleich ist diese Übertragung ein Indikator dafür, dass die Beschäftigten selbst von den Angeboten und Alternativen überzeugt sind und ihre Nutzung nicht etwa nur als Dienstanweisung oder Gefälligkeit für die Geschäftsleitung verstehen.

Ein möglicher Ansatzpunkt für größere Unternehmen könnte beispielsweise das Angebot von Hol- und Bringdiensten für Firmenkinderkärten sein. Anstelle der separaten Fahrt der Kinder in den Privatautos der Beschäftigten könnten elektrische Shuttlebusse eingerichtet werden.

Somit entfällt für die Eltern ein Grund zur Nutzung des Privatautos, was die Annahme elektromobiler Firmenangebote wesentlich erleichtern kann. Sicherlich sind dies Idealbedingungen, aber der Sprung vom Berufs- ins Privatleben der Beschäftigten kann auch schon durch kleinere Initiativen unterstützt werden. Sind z. B. erst einmal elektrische Leihfahrzeuge für Dienstfahrten angeschafft worden, können diese am Wochenende an Mitarbeitende zur Freizeitnutzung verliehen werden. Damit kommen auch die Familien und Freundeskreise der Beschäftigten mit den E-Mobilitätskonzepten in Kontakt. Dies schafft einen zwanglosen, kostengünstigen Rahmen, die Alternativen auch in anderen Alltagskontexten zu testen und es kann nebenbei die Bindung an das Unternehmen stärken.

RAUMTYPENSPEZIFISCHE CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN

Die Anforderungen für multimodale E-Mobilitäts-Konzepte unterscheiden sich je nach Raumtyp erheblich. Zur räumlichen Abgrenzung dient das Merkmal der siedlungsstrukturellen Regionstypen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung

(BBSR)¹. Abhängig von Einwohnerzahl und Bevölkerungsdichte wird hier unterschieden nach ländlichen Räumen, verdichteten Räumen und Agglomerationsräumen.

Agglomerationsräume

Der Großteil der Gesamtbevölkerung und ein noch höherer Anteil von Beschäftigten entfallen auf Agglomerationsräume (Regionen mit großen Verdichtungsräumen). Mit einer höheren Dichte an ÖPNV-Haltestellen, dichtem Takt öffentlicher Verkehrsmittel und einer geringeren Pkw-Verfügbarkeit (Pkw pro Einwohner) nutzen Verkehrsteilnehmer häufiger Verkehrsmittel des Umweltverbunds als in den übrigen Raumtypen. Dennoch ist dieser Raumtyp in besonders hohem Maße von einer starken Verkehrsbelastung durch Pkw betroffen - Zeitverluste durch Stau, schlechte Luftqualität und Lärm sind die Folgen. Für Wege innerhalb der betroffenen Zentren stehen - je nach Wegezweck - oft gute Alternativen zum konventionellen Pkw zur Verfügung. Hemmnisse zur intermodalen oder multimodalen Nutzung dieser Angebote bestehen hier zunächst in tariflicher Hinsicht (Abrechnung der Kosten nach Nutzung mehrerer Angebote z.B. Car-Sharing und ÖPNV), wobei vereinzelt schon Lösungen aus einer Hand angeboten werden (z.B. die App moovel in einigen Verkehrsverbänden). Dies setzt jedoch voraus, dass die potenziellen NutzerInnen das Angebot kennen und bereit sind, sich mit der Nutzung vertraut zu machen und den Tarif für die Gegenleistung als angemessen empfinden. Als infrastrukturelle Hemmnisse können ungeeignete Abstellmöglichkeiten für E-Pkw und E-Bikes (insbesondere Lastenräder) an ÖPNV-Haltestellen oder ungeeignete Möglichkeiten zur Mitnahme von E-Fahrrädern und sonstiger relativ sperriger Fahrzeuge wie beispielsweise Segways in öffentlichen Verkehrsmitteln betrachtet werden. Dies trifft so-

wohl für Wege ins Zentrum als auch für Wege zwischen verschiedenen urbanen Zentren zu. Außerhalb der Hauptverkehrszeiten ist es aus Sicht der Betreiber schwierig, wirtschaftlich tragfähige und ökologisch sinnvolle multimodale Lösungen anzubieten. Hier könnte die Integration von Ride-Sharing-Angeboten in einen entsprechenden Tarif bei intermodalen Wegketten sinnvoll sein. Grundgedanke ist, dass man als Inhaber einer ÖPNV-Zeitkarte zu manchen Uhrzeiten auf kein geeignetes Angebot zurückgreifen kann. Daher könnte eine entsprechende Erweiterung des Angebots außerhalb der vom ÖPNV bedienten Zeiten auch Mitfahrgelegenheiten in nicht-öffentlichen Fahrzeugen vermitteln. Potenzial hätten hier (vor allem wegen der Unfall-Haftung) autonome Pkw von Firmen, Car-Sharing- oder Mietwagenanbietern. Das setzt voraus, dass die jeweiligen Verkehrsverbände entsprechende Vertragspartner vor Ort finden.

Wege zwischen einem städtischen Zentrum und Orten außerhalb der Agglomerationsräume werden häufig mit dem konventionellen Pkw zurückgelegt. Gründe dafür sind auch, aber nicht nur, in der gewohnheitsmäßigen Nutzung dieses Verkehrsmittels zu sehen. Um die städtischen Räume vom Pkw-Verkehr zu entlasten, müssen entsprechende Angebote die potenziellen Kunden von deren Nutzung überzeugen. Im einfachsten Fall können dies klassische Park-and-Ride-Angebote sein: Der private Pkw wird in einem Parkhaus am Rand der Stadt abgestellt und der Parkschein beinhaltet die Möglichkeit zur Nutzung des ÖPNV. Denkbar sind jedoch auch ÖPNV-Angebote in Verbindung mit elektrifiziertem Individualverkehr oder elektrifizierten Shuttles (Sammeltaxis) auf Teilstrecken, die nicht oder nur unzureichend von öffentlichen Verkehrsmitteln bedient werden und so eine komfortable intermodale Wegekette mit aufeinander abgestimmten Anschlüssen und barrierefreien Umsteigemöglichkeiten garantieren.

¹ https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/SiedlungsstrukturelleGebietstypen_alt/gebietstypen.html;jsessionid=60DFC90AC6FBAEAD2192A7976AA6592E.live21304?nn=443270

Verstädterte Räume

Auf verdichtete Räume (Regionen mit Verdichtungsansätzen) entfällt etwa ein Drittel der Gesamtbevölkerung. Abhängig vom Grad der Verflechtung und der relativen Lage zu benachbarten Zentren, unterscheiden sich die Rahmenbedingungen zur Nutzung verschiedener Mobilitätsformen. So kann für manche Gemeinden dieses Raumtyps das relativ ausgewogene Verhältnis von Bevölkerung zu Arbeitsplätzen bedeuten, dass viele Beschäftigte vor Ort wohnen und nur wenig - im günstigsten Fall sogar nichtmotorisierten Verkehr - erzeugen.

Bei zunehmender Verflechtung von Aktivitäten und abhängig von der Umgebung treten in unterschiedlichem Ausmaß Zielverkehre aus dem benachbarten Raum sowie Durchgangsverkehre auf. Damit diese Verkehre möglichst umweltverträglich abgewickelt werden können, müssen die vielschichtigen und für jede Gemeinde unterschiedlichen Gegebenheiten berücksichtigt und intermodale Wegketten zuverlässig aufeinander abgestimmt werden.

Allein das Vorhandensein öffentlicher Verkehrsangebote zwischen zwei Punkten ist oft nicht ausreichend, um bedeutende Verlagerungen vom privat genutzten Pkw auf den Umweltverbund (zumindest für eine Teilstrecke) zu erreichen. Vielmehr sind möglichst umsteigefreie Verbindungen zwischen den auf einer Strecke genutzten Bahnhöfen oder Haltestellen anzustreben. Sofern keine umsteigefreie ÖPNV-Verbindung möglich ist, sind zuverlässige Echtzeitinformationen zu Anschlussverbindungen und ggf. zu Alternativrouten in Form von Ersatzbussen bzw. -bahnen oder Shuttles erforderlich, um die Nutzerakzeptanz und Kundenzufriedenheit langfristig zu gewährleisten.

Attraktive, sichere und saubere Bahnhöfe und Haltestellen mit geeigneten Abstellmöglichkeiten für (privat genutzte und geteilte) Fahrzeuge aller Art, die als Mittel für den

Weitertransport in Frage kommen, bieten ein weiteres Potenzial zur Mobilitätssicherung jenseits des privat genutzten Pkws.

Da das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln im verdichteten Raum im Vergleich zu den Agglomerationsräumen überschaubarer ist, können gerade hier die Mobilitätsstationen durch kurze und barrierefreie Wege zwischen den Verkehrsmitteln besonders nutzerfreundlich gestaltet werden. Der renommierte Blog Zukunft Mobilität hat sich in einer Artikelserie² mit solchen Mobilitätsstationen auseinandergesetzt. Außerdem behandelt der VCD e.V. solche Mobilitätsstationen als ein Schwerpunktthema und hält auf seiner betreffenden Internetseite³ Links zu Handbüchern und Konzeptbüchern bereit. Eine weitere Voraussetzung zur Akzeptanz solcher Angebote ist, dass auch innerhalb der Wohngebiete im verdichteten Raum entsprechende Infrastrukturen zum Abstellen und Laden von (gemeinschaftlich genutzten) E-Bikes und E-Pkw bereitgestellt und sichere Fuß- und Radwege für Verkehrsteilnehmer aller Altersklassen eingerichtet werden.

Ländliche Räume

Mehr als die Hälfte der Gesamtfläche, aber nur ein kleiner Teil der Bevölkerung und ein noch kleinerer Teil der Erwerbstätigen, entfällt auf den ländlichen Raum. Stärker als in den anderen Räumen ist die Bevölkerungsstruktur durch Menschen geprägt, die der Haus- und Familienarbeit oder ehrenamtlichen Tätigkeiten nachgehen und sich in der Regel als Fahrer oder Mitfahrer mit dem Pkw fortbewegen. Daher entfällt hier der Ansatz der betrieblichen Integration und muss durch öffentliche oder zivilgesellschaftliche Initiativen ersetzt werden, welche im betreffenden Kapitel beschrieben werden.

² <https://www.zukunft-mobilitaet.net/161399/konzepte/mobilitaetstation-verknuepfung-artikelserie-oepnv-staedtebau/>

³ <https://www.vcd.org/themen/multimodalitaet/schwerpunktthemen/mobilitaetsstationen/>

Die routinemäßige Nutzung des Pkws macht es außerdem schwieriger, diesen Menschen über etablierte Plattformen alternative Verkehrsmittel anzubieten. Umso härter trifft es diese Menschen, wenn das Führen eines Fahrzeuges beispielsweise aus Altersgründen nicht mehr möglich ist. Der Abschied vom eigenen Pkw kann als Stigma sozialer Ausgrenzung wahrgenommen werden, insbesondere wenn keine Routinen im Umgang mit alternativen Verkehrsmitteln und den digitalen Portalen dazu bestehen. Während die Kompetenz zur Nutzung digitaler Medien auch bei Senioren unter 70 im Anstieg ist stellt diese für große Teile der über 70-jährigen aktuell eine beträchtliche Barriere dar.

Mangels öffentlicher Kapazität springen in ländlichen Räumen oft zivilgesellschaftliche Initiativen wie ehrenamtlich betriebene Bürgerbusse ein. Der Verkehrsclub Deutschland e.V. engagiert sich insbesondere mittels des Arbeitskreises „Mobil bleiben“ und dem Verbundprojekt „Klimaverträglich mobil 60+“ zusammen mit dem Deutschen Mieterbund und der Bundesarbeitsgemeinschaft der Seniorenorganisationen für eine Sicherung der Mobilität im Alter. Außerdem setzt sich der VCD e.V. durch Mobilitätsbildung für Jung und Alt, durch Präsenz in Kitas, Schulen, Hoch-, Berufs- und Volkshochschulen sowie Seniorenbeiräten, Kirchen und Studieninitiativen für eine menschenfreundliche und möglichst umweltschonende Mobilität ein.

Da Wege im Binnenverkehr von Gemeinden des ländlichen Raums oft kurz sind, werden intermodale und multimodale Angebote vergleichsweise selten in Betracht gezogen. Auch Wege in benachbarte Gemeinden werden häufig mit nur einem Verkehrsmittel zurückgelegt. Öffentliche Verkehrsmittel fahren aufgrund der geringeren Nachfrage zur Erschließung weiterer Gemeinden oft Umwege und - insbesondere außerhalb der Stoßzeiten - in einer geringen und schwer erlernbaren Taktfrequenz. Folglich wird hier

das Verkehrsgeschehen vom privat genutzten Pkw dominiert. Um gewohnheitsmäßigen Pkw-Fahrern dennoch attraktive Alternativen anzubieten, bieten sich Anknüpfungspunkte für Gelegenheitsfahrer, beispielsweise bei intermodalen E-Mobilitätskonzepten, in den Bereichen Freizeitverkehr und Tourismus an. Darüber hinaus können - bei entsprechender Anpassung der Infrastruktur - die Anteile von E-Pkw, E-Bikes (auch Lastenräder) und sonstigen kleineren Elektromobilen erhöht und zumindest deren Nutzung allgemein (also nicht zwingend multimodal) gefördert werden.

ÖFFENTLICHE, ZIVILGESELLSCHAFTLICHE UND PRIVATWIRTSCHAFTLICHE ANWENDUNGSBEISPIELE

In Ergänzung der vorangegangenen allgemeinen Konzeptebenen verweisen wir im Folgenden auf ausgewählte Initiativen als Anwendungsbeispiele für multimodale (E-) Mobilitätsangebote. Unter den angegebenen Quellen finden interessierte Leserinnen und Leser weiterführende Inhalte und können Kontakt mit den jeweiligen Initiativen aufnehmen.

Der Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD) engagiert sich seit seiner Gründung (1986) für „ein sinnvolles Miteinander aller Verkehrsmittel“ und bearbeitete im Rahmen eines Ende 2017 ausgelaufenen Projekts auch den Themenschwerpunkt Multimodalität. Im Rahmen dieses Projekts werden laufend Good-Practice-Beispiele publiziert, es wurde eine Befragung durchgeführt und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung multimodaler Verkehrsangebote formuliert.

Auf Europäischer Ebene unterstützt die Europäische Union bereits seit 2002 lokale Behörden dabei, im Rahmen der Europäischen Mobilitätswoche für das Thema nachhaltige städtische Mobilität zu sensibilisieren. 2018 war Multimodalität das zentrale Thema der Europäischen Mobilitätswoche. Die in diesem Rahmen durchgeführten Aktionen sind auf

der betreffenden Seite des Umweltbundesamtes zu finden, welches die Europäische Mobilitätswoche in Deutschland seit 2016 koordiniert.

Außerdem finanziert das Directorate General for Mobility and Transport der Europäischen Kommission die European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans (Eltis), auf welcher bereits seit 1998 Informationen, Kenntnisse und Erfahrungen im Bereich der nachhaltigen urbanen Mobilität in Europa ausgetauscht werden. Diese Plattform informiert insbesondere über die Einführung nachhaltiger urbaner Mobilitätspläne (SUMP).

Auch regional schließen sich beispielsweise am Bodensee Partner aus dem Bereich der kommunalen Dienstleistungen mit Kommunen und lokalen Vereinen zusammen, um mittels einer gemeinsamen Plattform Daten zu Verleih- und Ladestationen, Händlern, Förderprogrammen, Veranstaltungen und Werkstätten zu bündeln. Auch die baskische Regierung betreibt ein multimodales Portal, auf dem Informationen zu Mitfahrgelegenheiten, Verkehrsmeldungen, Fahrplänen, Radwegen und Radverleihstationen sowie weiteren Interessen abgerufen werden können.

Auch der Verband Region Stuttgart und die regionale Wirtschaftsförderungsgesellschaft haben im Jahr 2012 ein eigenes regionales Förderprogramm namens „Modellregion für nachhaltige Mobilität“ ins Leben gerufen, welche bis 2021 mit acht Millionen Euro innovative Mobilitätsprojekte kofinanziert. Dazu gehören insbesondere das Projekt „Fahrrad2Go, in dessen Rahmen seit 2014 im baden-württembergischen Rems-Murr-Kreis Linienbussen mittels Fahrradhaltesystemen fünf Räder im Bus und fünf weitere auf einem Heckträger für Kunden kostenlos transportieren. Die Haltesysteme wurden im Projekt Fahrrad2Go speziell für diesen Zweck entwickelt. Anfang 2018 wurde die siebte Ausschreibungsrunde mit den drei Schwer-

punkten Elektromobilität, autonomes Fahren und nachhaltiges, betriebsübergreifendes Mobilitätsmanagement ausgelobt.

Im Oktober 2018 wurde in diesem Rahmen ein Projekt für die betriebliche Mobilitätsstrategie der Württembergischen Staatstheater bewilligt, in deren Rahmen einerseits die Nutzung der ÖPNVs durch die 1.350 Beschäftigten gefördert wird, und andererseits eine Fuhrparkanalyse und der Aufbau von Ladeinfrastruktur mit dem Ziel einer vollständigen Elektrifizierung des Fuhrparks durchgeführt werden.

In Baden-Württemberg wurden außerdem mit der im Jahr 2016 erlassenen Verwaltungsvorschrift zum Landesgemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (LGVFG) die Fördermöglichkeiten für Verknüpfungspunkte erweitert. Seither können auch Einrichtungen, die der Vernetzung verschiedener Mobilitätsformen mit dem öffentlichen Personennahverkehr dienen, wie insbesondere dynamische Verkehrsleit- und -informationssysteme an Umsteigeparkplätzen oder anderen Einrichtungen gefördert werden (NVBW, 2017).

Von Ende 2014 bis Ende 2017 wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts im Auftrag des Umweltbundesamts eine Methodik entwickelt und modellhaft angewendet, um die ökologischen und ökonomischen Potenziale von Mobilitätskonzepten in ländlichen Räumen abzuschätzen. Zentrales Ergebnis des Projekts sind Maßnahmensteckbriefe, die als Inspirations- und Informationsquelle hinsichtlich des Spektrums und der möglichen Bündelung von Maßnahmen dienen.

Von Anfang 2016 bis Herbst 2018 begleitete das Modellvorhaben „Langfristige Sicherung von Versorgung und Mobilität in ländlichen Räumen“ als „Praxisprojekt“ den Dialogprozess zur Demografiestrategie der Bundesregierung. Die teilnehmenden 18 Modellregionen analysierten ihre längerfristige Bevölkerungsentwicklung auf kleinräumiger Ebene sowie ihre infrastrukturellen Ausgangsbedingungen

und erarbeiteten „darauf aufbauend innovative Handlungskonzepte, mit denen in Zukunft sowohl Daseinsvorsorge, Nahversorgung als auch Mobilität gewährleistet werden können“. Der Abschlussbericht vermittelt Strategien und Praxisbeispiele für gleichwertige Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen zur Sicherung von Versorgung und Mobilität. Eine konkrete Erfahrung aus den Modellvorhaben besteht darin, dass ein Bedarf an dauerhaften und zentrale AnsprechpartnerInnen, sogenannte „Kümmerer“, für die interdisziplinären und interorganisatorischen Themen und deren Umsetzung, besteht. Daher richteten mehrere beteiligte Landkreise spezielle Personalstellen für das regionale Mobilitätsmanagement ein.

In Baden-Württemberg wurde im Juni 2017 eine interministerielle Arbeitsgruppe „Mobilität im ländlichen Raum“ eingesetzt, welche rund 50 Modellprojekte⁴ ressortübergreifend auswertet, mit Verbänden reflektiert und daraus Handlungsempfehlungen für die Landesregierung ableitet. Die Mobilitätsprojekte umfassen sowohl Bürgerautos und -busse, Digitalisierung und Carsharing, ÖPNV und E-Mobilität als auch Daseinsvorsorge, Forschung und Ehrenamt. Besonders erwähnenswert sind hier die folgenden Projekte: Im Projekt PatientMobil des Gesundheitsnetz Süd eG bei Ulm fahren Ehrenamtliche von November 2015 bis Dezember 2018 Patienten mit eingeschränkter Mobilität mit Elektrofahrzeugen von zuhause zum Arzt. Im Modellvorhaben zur langfristigen Sicherung von Versorgung und Mobilität erarbeitete der Landkreis Sigmaringen von Januar 2016 bis Juni 2018 Mobilitätsvorschläge für ländliche Gemeinden. Die Umsetzungsprojekte umfassten insbesondere: einen Rufbus als Zubringer zur ÖPNV-Hauptachse, ein E-Bürgerauto für die Haustürbeförderung, einen

interaktiver Infrastruktur- und Entwicklungsatlas, Modellbetriebe zur Erprobung einer automatengestützten Direktvermarktung, eine Ausweitung der Betriebszeiten des Sigmaringer Stadtbusses, Mitfahrbänke die Planung und Entwicklung einer PartyBus-App, verschiedene Veranstaltungen inklusive einer Mobilitätsmesse sowie zwei Umfragen.

Das baden-württembergische Verkehrsministerium und die Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH haben im Oktober 2017 außerdem eine neue Marke namens „bwegt“ lanciert, unter deren Dach sowohl das Marketing der Aufgabenträger als auch das Fahrgastmarketing stattfindet. Meilensteine der neuen Marke sind die Inbetriebnahme neuer Züge, die mit kostenlosem WLAN, Steckdosen, 30 Fahrradabstellplätzen und barrierefreien Zugängen aufwarten, sowie neue Fahrkartenautomaten, die stufenweise Einführung eines BW-Tarifs mit integriertem ÖPNV-Ticket am Zielort und vier neuer Strecken.

Auch der Branchenverband der öffentlichen Verkehrsunternehmen (VDV) entwickelt seit 2017 die gemeinsame Plattform Mobility inside, welche die bundesweite Vernetzung der unterschiedlichen Tarife, Tickets und Fahrplaninformationen im öffentlichen Nah- und Fernverkehr möglich machen soll. Die Plattform soll die weitere Öffnung des ÖPNV-Marktes für private Konkurrenz eindämmen, indem das über Jahre gewachsene Vertrauen der Kunden zu den lokalen und regionalen Verkehrsunternehmen als Unterscheidungsmerkmal genutzt wird. Ziel ist eine Markteinführung im Frühjahr 2019.

Im März 2018 kündigten die BMW Group und die Daimler AG an, ihre Mobilitätsdienste zu bündeln, welche Carsharing, Ride-Hailing, Parken, Laden und Multimodalität aus einer Hand bieten sollen.

Zuletzt sei noch auf das Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020, die Bundesförderungen

⁴ https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mir/intern/dateien/PDFs/L%C3%A4ndlicher_Raum/20180315_Version2_Mobilit%C3%A4tsprojekte_der_Landesregierung_IMA.pdf

des BMVI im Rahmen der Richtlinie „Elektromobilität vor Ort“, des BMU im Rahmen der „Richtlinie zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im ÖPNV“ und Nationales Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie auf die baden-württembergische Landesförderung für Elektro- und Hybridbusse verwiesen. Letztere fördert neben der Anschaffung und dem Leasing der Fahrzeuge auch die Ladeinfrastruktur, die Beratung, die Betriebs- und Unterhaltungskosten sowie ÖPNV-Servicefahrzeuge.

Fazit und Empfehlungen

Ausgangspunkt dieses Beitrages war die Frage, durch welche Konzepte Multimodalität und E-Mobilität für Beschäftigte und ihre Angehörigen attraktiver werden.

Die heutigen Mobilitätsroutinen sind zu meist monomodal auf das Privatauto mit Verbrennungsmotor ausgerichtet. Alternative E-Mobilitätskonzepte haben unter den herrschenden Bedingungen nur geringe Realisierungschancen. Es kommt daher darauf an, das Umfeld auf mehreren Ebenen zu verändern, damit Multimodalität und E-Mobilität von potenziellen NutzerInnen überhaupt als Alternativen wahrnehmbar, interessant und praktikabel werden. Das zentrale Fazit hierzu lautet, dass in aller Regel nicht ein einzelnes Konzept alleine Erfolg verspricht, sondern stets die Summe der konzeptionellen Maßnahmen erforderlich ist, um Mobilitätsroutinen nachhaltig zu verändern.

Es empfiehlt sich ein zeitlich gestaffeltes Vorgehen auf mehrere Ebenen: Auf der unternehmenspolitischen Ebene sollte zunächst das Bewusstsein und die Bereitschaft der Beschäftigten geschärft werden, alternative Mobilitätskonzepte für die Alltagsnutzung überhaupt in Betracht zu ziehen. Dies schließt aber auch die Unternehmensführungen mit ein, die durch Vorbildfunktion, Standardsetzung und die Schaffung externer Netzwerke die Basis des Erfolges legen. Sodann bedarf

es umfassender und andauernder Informationskonzepte im Betriebsalltag, um aufzuklären und etwaige Vorbehalte abzubauen. Doch erst die tatsächliche technische Realisierung der Angebote und ihrer baulichen Infrastrukturen stiftet das Vertrauen in die tatsächliche Zuverlässigkeit der Mobilitätskonzepte.

Politische, informatorische und technische Konzepte sind jedoch keine hinreichende Bedingungen zur Verankerung neuer Mobilitätsroutinen. Für eine ganzheitliche Verankerung sind zusätzlich finanzielle wie auch nicht-monetäre Anreizkonzepte vonnöten/in Betracht zu ziehen. Erst wenn alle vier Konzeptebenen ineinandergreifen, können im Ergebnis neue Mobilitätsroutinen in den beruflichen und schließlich auch in den privaten Alltag der Beschäftigten integriert werden. Abbildung fasst das Wirkungsgefüge der Konzeptebenen zusammen.

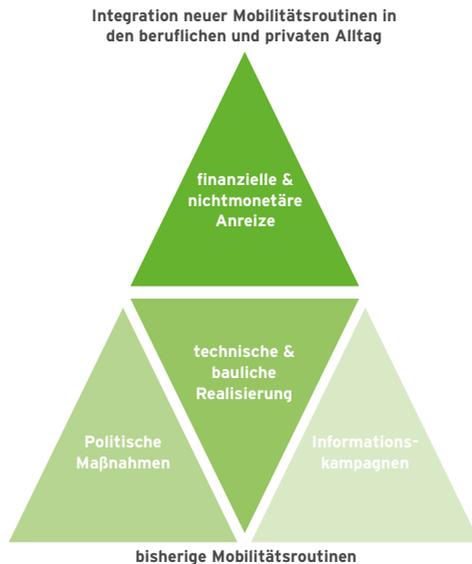
Die zweite Fragestellung bezog sich auf die Möglichkeiten, die E-Mobilitätskonzepte zur Sicherung der Mobilität in ländlichen Räumen bieten können. Aus Perspektive der Raumplanung können Agglomerationen sowie verstädterte und ländliche Raum unterschieden werden. Die Anforderung an die Konzepte weichen in diesen Raumtypen deutlich voneinander ab: während in den ersten beiden Raumtypen die Optimierung der Verkehrsmittelvernetzung und -abstimmung sowie Anbindung für PendlerInnen im Fokus stehen, liegt der Schwerpunkt in ländlichen Räumen auf der Grundsicherung der Daseinsvorsorge. Hier sind jenseits des öffentlichen Nahverkehrs mit Bussen oftmals kaum kommerzielle Angebote vorhanden, die sich vernetzen ließen.

Auch die Auslastung des ÖPNV ist durch den Rückgang von Schulpflichtigen und Auszubildenden in bestimmten ländlichen Räumen problematisch. Besonders in strukturschwachen Räumen mit rückläufigen Einwohnerzahlen und ansteigendem Durchschnittsalter ist die Unternehmensdichte und Wirtschafts-

kraft oft gering, so dass die betriebliche Integration zur Umsetzung von E-Mobilitätskonzepten nicht ausreicht. Insbesondere für multi- und intermodale Alternativen zum Privatauto bieten stattdessen Freizeit- und Tourismusangebote, aber auch Dienste für SeniorInnen mögliche Ansatzpunkte.

Dazu werden neue zivilgesellschaftliche Ansätze unter Einbezug von privaten Unternehmen und ehrenamtlichem Engagement getestet, etwa in Form von Bürgerbussen, Mitfahrplattformen sowie ehrenamtlichen Hol- und Bringdiensten. Staatliche Förderprojekte und die Verbindung mit dem öffentlichen Nahverkehr sind hierbei hilfreich. Die dritte und letzte Fragestellung betrifft schließlich die Förderung konkreter Anwendungen in öffentlichen und zivilgesellschaftlichen Initiativen. Ein wesentliches Erfolgsmerkmal ist hierbei der Fortbestand der Initiativen über den Förderzeitraum hinaus.

Gelungene Initiativen zeichnen sich dadurch aus, dass die jeweiligen Beschäftigten sowie die Bürgerschaft insgesamt von den Alternativen soweit überzeugen wurden, dass auch nach dem Wegfall der staatlichen Anreize ein Weiterbestand gesichert ist. Die finanzielle Unabhängigkeit ist dabei ein wesentliches Kriterium der sozialen Nachhaltigkeit und kann u.a. auch durch ehrenamtliche Tätigkeiten gesichert werden. Dazu müssen die getroffenen Maßnahmen aber in die Mobilitätsroutinen einer hinreichend großen Nutzerzahl eingegangen sein. Wie groß diese Zahl ist, hängt von der jeweiligen Initiative ab. Für ein einzelnes Gemeindefahrzeug ist sie geringer als für eine regionale Mitfahrplattform. Ersteres kann jedoch zum Ausgangspunkt für nachfolgende Initiativen auf breiterer Nutzerbasis werden. Neben veränderten Mobilitätsroutinen ist es daher die Skalierbarkeit, d.h. die Anpassung an den tatsächlichen Bedarf, die den Initiativen zu dauerhaftem Erfolg verhilft.



Bausteine von E-Mobilitätskonzepten zur Integration neuer Mobilitätsroutinen in den Alltag von Beschäftigten (Quelle: eigene Darstellung, M-Five GmbH)

WEITERE INFORMATIONEN

FGSV: Multi- und Intermodalität: Hinweise zur Umsetzung und Wirkung von Maßnahmen im Personenverkehr Teilpapier 1: Definitionen

FGSV: Multi- und Intermodalität: Hinweise zur Umsetzung und Wirkung von Maßnahmen im Personenverkehr Teilpapier 2: Erheben, Beschreiben und Erklären

LITERATUR

EPOMM (2012): Mobilitätszentralen. European Platform on Mobility Management, online unter: http://www.epomm.eu/newsletter/electronic/0512_EPOMM_ews_DE.php (letzter Zugriff am 2. Oktober 2018).

NaWiKo (2016): GetMobil - Initialisierung, Implementierung, Wirkung und Propagierung unter besonderer Berücksichtigung des ländlichen Raums, Ecologic Institut, online unter: <https://nachhaltiges-wirtschaften-soef.de/getmobil> (letzter Zugriff am 08. Oktober 2018).

Netzwerk Oberschwaben (2018): Emma - E-Mobil mit Anschluss. Für Bürger, Touristen und Kommunen, online unter: <https://www.emobil-im-sueden.de/emma-projekt.html> (letzter Zugriff am 1. Oktober 2018).

NVBW: Förderaufruf im Rahmen des LGV-FG. URL <https://www.fahrradland-bw.de/news/news-detail/foerderaufruf-im-rahmen-des-lgvfg/vom/24/7/2017/>. (letzter Zugriff am 2. Oktober 2018)

NVV (2018): Allgemeine Informationen zur NVV-Mobilfalt. Nordhessischer VerkehrsVerbund, online unter: <https://www.mobilfalt.de/faq/> (letzter Zugriff am 1. Oktober 2018).

Jacoby, C. ; Wappelhorst, S. (Hrsg.): Potenziale neuer Mobilitätsformen und -technologien für eine nachhaltige Raumentwicklung, Arbeitsberichte der ARL. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Leibniz-Forum für Raumwissenschaften, 2016 – ISBN 978-3-88838-405-9.

John, B.: Europcar und SnappCar kooperieren - Autos mieten und teilen, in: Automobilwoche. Artikel vom 22. Februar 2018, online unter: <https://www.automobilwoche.de/article/20180222/NACHRICHTEN/180229940/europcar-und-snappcar-kooperieren-autos-mieten-und-teilen> (letzter Zugriff am 28. September 2018).

Kindl, A.; Wolf, O.; Glaser, M.; Reuter, C. (2018): smartStations - Die Haltestelle als Einstieg in die multimodale Mobilität. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, online unter: <https://www.raumobil.com/content/download/225/2105> (letzter Zugriff am 9. Oktober 2018).

Lahmann-Lammert, R. (2016): Meyer & Meyer macht aus Dienstwagen Stadtteilautos, in: Osnabrücker Zeitung. Artikel vom 24. Februar 2016, online unter <https://www.noz.de/lokales/osnabrueck/artikel/675087/meyer-amp-meyer-macht-aus-dienstwagen-stadtteilautos> (letzter Zugriff am 28. September 2018).

Stadtteilauto (2018): Fahrzeuge. Stadtteilauto OS GmbH, online unter: <https://www.stadtteilauto.info/geschaefstkunden/fuhrpark/> (letzter Zugriff am 8. Oktober 2018).

Steindl, A.; Inninger, W.: CarSharing und Mobilitätsbudget statt Dienstwagen?, in: Internationales Verkehrswesen. Jg. 68, Ausg. 4, 2016, S. 55.

Thaler, R.H.; Sunstein, C. R.: Nudge - Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness. Penguin, New York 2009.

VCD e.V.: Multimodal unterwegs in Deutschlands Städten, 2016

Winkelkotte, T. (2015): Gutfinden oder mitmachen - Erkenntnisse regionaler Mitfahrinitiativen, online unter: <https://hoeri-mit.de/wp-content/uploads/gut-finden-oder-mitmachen.pdf> (letzter Zugriff am 8. Oktober 2018).

„ICH ERSETZE EIN AUTO“ - WIE LASTENRÄDER MOBILITÄT REVOLUTIONIEREN

Karen Rike Greiderer

Freiberufliche Autorin, Projektmanagerin und Netzwerkerin
Cargobike Roadshow, Bike Citizens, Pressedienst-Fahrrad

Ich ersetze ein Auto. Wie das Lastenrad als smartes (elektrifiziertes) Fahrzeug betriebliche und private Mobilität revolutioniert und „Verkehr“ jetzt neu definiert

Das Fahrrad erlebt als Fahrzeug eine Renaissance. Weltweit setzen Städte beim Thema Mobilität einen neuen (alten) Maßstab an: Menschen! Berlin verabschiedete im Sommer 2018 das erste Deutsche Mobilitätsgesetz. Stuttgart verordnete dieser Tage das Dieselfahrverbot. Der Wandel von der autogerechten Stadt zur menschengerechten Stadt lässt sich nicht leugnen.

Der Mobilitätswandel funktioniert mitunter auch deswegen, weil auf Seiten des Fahrrads eine enorme Entwicklung im Gange war und ist. Mehr als 200 Jahre nach der Erfindung der Laufmaschine von Karl Freiherr von Drais in Mannheim befeuern Elektrifizierung und Differenzierung unterschiedlichster Fahrradtypen den Prozess.

Eine Schlüsselrolle spielt dabei das Lastenrad. Sowohl im Personenverkehr als auch beim Warentransport feiert es eine neue Glanzzeit. Egal ob beruflich oder privat: „Ich ersetze ein Auto!“ ist Programm. 2016 wurden in Deutschland sogar mehr eCargobikes verkauft als E-Autos zugelassen, so eine Schätzung des Zweirad Industrie-Verband (ZIV).

Damit befinden wir uns mitten im Thema des Artikels. Wie macht das eCargobike als smartes Fahrzeug betriebliche und private Mobilität zukunftstauglich? Was bedeutet das für Mensch, Gesundheit, Umwelt und Wirtschaft in Zeiten von Naturdefizitsyndrom, Klimawandel und Dieselskandal? Und welche Rolle spielt das Cargobike für deutsche Unternehmen im „War For Talents“?

BEGRIFFSDEFINITION UND HISTORIE

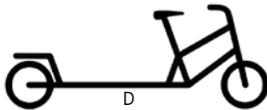
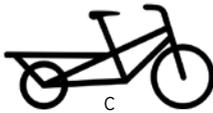
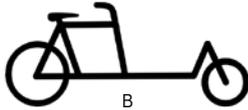
Unter den Fahrrädern zählt das Cargobike zur Gattung „Spezialrad“. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es besonders schwere bzw. besonders sperrige Lasten sowie Personen transportieren kann. Konkret heißt das: Cargobikes stemmen ein Zuladungsgewicht bis zu 300kg, Pakete mit der Fläche einer Europalette und können bis zu sechs Kinder auf einmal von A nach B kutschieren.

Cargobike Radtypen

Grundlegend unterscheidet man zwischen einspurigen und mehrspurigen Cargobikes und ob die Last vor sich hergeschoben, oder gezogen wird. Eine weitere Unterscheidung wird hinsichtlich Gewichtszuladung gemacht. Standard Cargobikes schaffen bis zu 150kg Zuladung - der obligatorische Waschmaschinen-transport beim Umzug ist gesichert. Ab 150g / 1Kubikmeter kommen Schwerlasträder zum Einsatz. Eine vierte Kategorisierung kann hinsichtlich des Radformates vorgenommen werden. Cargobikes sind breiter, länger und schwerer als normale Fahrräder. Seit kurzem bereichern „Kompakt-Cargobikes“ das Typenverzeichnis. Sie sind so lang bzw. breit wie normale Räder (ca. 180cm), stehen aber bezüglich Ladevolumen und -gewicht einem Standard-Cargobike nichts nach.

Welches Rad für welchen Zweck?

Cargobikes sind sehr universell einsetzbar. Zugleich eignet sich jeder Radtypus für einen bestimmten Einsatzzweck besonders gut: Einspurige Cargobikes vom Typ Long John werden tendenziell von sportlicheren, schnellen Fahrer*innen genutzt. Der Klassiker schlechthin ist das Bullitt von Harry vs. Larry. Stabile, zweispurige Kiezfahrräder mit einer Box vorn, die für zwei bis sechs Kinder Platz bietet, sind im Familienalltag beliebt. Das Christiania stellt in dieser Rubrik den Klassiker. Schwerlasträder aller Art sind die Sattelschlepper unter den Cargobikes. Sie kommen bei gewerblicher Nutzung zum Einsatz.



Cargobike Radtypen: Mehrspuriges Lastenrad/Trike (A), Einspuriges Lastenrad/Long John (B), Langheck/Long Tail (C), Tieflader/Low Tail, bzw. Schwerlasttrad (D), Kompakt-Cargobike (E), ©Eric Poscher / Noun

Faktencheck: eCargobike

Sämtliche Cargobike-Typen gibt es mit eAntrieb. Das eCargobike entspricht in seiner Funktionsweise dem Pedelec. Das heißt, bis zu einer Geschwindigkeit von 25km/h (bei einer maximalen Nenndauerleistung des Motors von 250Watt) gibt es elektronische Tretunterstützung. Für das eCargobike gelten die gleichen Regeln wie für normale Fahrräder - für alle gilt die StVO. Durchschnittlich kommt man mit einem eCargobike etwa 55km weit. Wie lang eine Akkuladung reicht ist von vielen

Faktoren abhängig, insbesondere von Radtyp, Zuladung und Fahrverhalten. Aufladen kann man den Akku an jeder Steckdose und das rasch. Es braucht keine spezifische Ladefrastruktur, was praktisch ist. Pilotprojekte setzen sich aktuell mit einer noch besseren Ladeinfrastruktur auseinander, so zB. das Unternehmen GreenPack. Das Projektteam testet derzeit in Berlin eine Infrastruktur von Akku-Wechsel-Stationen in Kombination mit Cargobike-Sharing. Last but not least: Gegenüber S-Pedelecs (bis zu einer Geschwindigkeit von 45km/h gibt es elektronische Tretunterstützung) oder eScootern (hier entfällt das Pedalieren) hat das eCargobike klare Vorteile. Diese werden in Kapitel 3 erläutert.

Mobilitätswende, Cargobikes und die autogerechte Stadt

Die Wurzeln des Cargobikes gehen auf Skizzen des Briten James Starley im Jahr 1877 zurück. Im frühen 20. Jahrhundert feierte das Rad als Transportwunder seine erste große Glanzzeit. Zuladungsgewicht und -volumen waren nur durch die physische Konstitution der Person hinter dem Lenker begrenzt. Müllabfuhr, Post, Bäckerei, Handwerk - die Logistik per Cargobike prägte das Bild von Verkehr. Mit Erfindung des Automobils wandelte sich das. Bereits vor und mit massivem Aufwand nach dem zweiten Weltkrieg setzten Politik und Industrie gezielt Maßnahmen dem Motorisierten Individualverkehr (MIV) die perfekte Infrastruktur zu schaffen. Die Phase der Massenmobilisierung begann. Die „autogerechten Stadt“ als Inbegriff der Moderne kurbelte die Wirtschaft an. Erdöl war billig. Der Begriff „Verkehr“ wurde synonym für den Begriff „Auto“ und das Auto stand synonym für Freiheit, Unabhängigkeit, Schnelligkeit, Spaß und das Gute Leben - bis heute!

Einmal wenden bitte

Diese Entwicklung passierte nicht ganz „natürlich“ und überall so. Amsterdam erarbeitete sich - trotz Widerständen, die man auch aus dem heutigen Deutschland kennt



Projekt „Ich entlaste Städte“ ©DIFU



Projekt „Ich ersetze ein Auto“ ©DLR

- andere Lösungen, oder Kopenhagen. Beide Städte haben im internationalen Vergleich heute den höchsten Radfahreranteil. In Deutschland erlebt der Mensch heute wiederum die Konsequenz der autogerechten Planung - der Radverkehrsanteil ist niedrig: Stau, Parkplatzsuche, Elterntaxi, Pendeln von der Speckgürtelsiedlung zur Arbeit - überall hier rufen Menschen nach neuen bequemen Lösungen für das Mobilitätsdesaster. Angesichts von Klimawandel, Feinstaubmeldungen und Platzknappheit ist ein weiterer Ausbau nach autogerechten Maßstäben nicht enkeltauglich. Es braucht eine Mobilitätswende. Der Nationale Radverkehrsplan (NRVP 2020) fordert für Deutschland einen (Mindest-)Radverkehrsanteil am Modal Split von 15 %. Der Modal Split ist ein Gradmesser für die Bedeutung des Radverkehrs in einer Region. In Amsterdam beträgt der Radverkehrsanteil am Modal Split 28 %, in Kopenhagen, wo in den 1980er Jahren der oben genannte Cargobike-Klassiker „Christiania“ erfunden wurde, 32 %. Die Zahlen stammen aus dem Datenblatt „Fahrradnutzung im Städtevergleich“ des Deutschen Instituts für Urbanistik (DiFu). In der Hauptstadt Berlin beträgt der Radverkehrsanteil am Modal Split 13% schreibt das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Dass in Berlin aber die Infrastruktur extrem hinterher hinkt belegt die Unfallstatistik für 2018. Das zeigt, dass es

mit Radfahren alleine noch nicht getan ist. Emissionsfrei, leise, platzsparend, gesund, schnell und ressourcenschonend in der Herstellung rollt an dieser Stelle das Cargobike heran. „Ich ersetze ein Auto!“ steht vorn auf der Frachtbox. Oder „Dienstwagen“. Es lohnt sich genauer hinzuschauen.

WER FÄHRT CARGOBIKE?

Vom ökosozialen, gehobenen Statussymbol zum neuen „Volkswagen“ - das Cargobike hat in den letzten Jahren im urbanen Stadtbild einen enormen Imagewechsel erfahren. „Das Cargobike ist in der Mitte der Gesellschaft angekommen. Das Rad boomt - für Familien als Ergänzung zum oder Ersetzung des eigenen PKWs, als Dienstfahrrad für Berufspendler und -pendlerinnen oder im Wirtschaftsverkehr!“, so Colin Pöstgens von der Cargobike Roadshow, die das Cargobike-Testen für Endverbraucher*innen in deutsche Kommunen bringt. Das Fairkehr Magazin (2/2018) illustriert, dass in Deutschland rund 15% der Radfahrenden ihr Rad als Transportmittel nutzen - davon fahren etwa 1% Cargobike. Und 1% ist auf den ersten Blick nicht viel. Zum Vergleich: In Dänemark besitzt im urbanen Raum jede dritte Familie ein Lastenrad. Aber die aktuelle Prognose des Zweirad Industrieverbands (ZIV) ist positiv. Sie sieht einen klaren Trend zur privaten und gewerblichen Nutzung des Lastenrades.



Kompakt-Cargobike im Familieneinsatz © Muli-Cycles

Warum der Boom?

Das Cargobike enterte das deutsche Stadtbild vor ein paar Jahren als Zeitgeisterscheinung gentrifizierter Zonen. Das Cargobike wirklich auf die Straßen geholt haben aktuelle Bekundungen der Politik - besonders in Form von finanziellen Förderungen wie Kaufprämien. Beim Dieseltreffen 2017 verkündete die Bundesregierung einen Zuschuss von 30% bis maximal EUR 2.500,- beim Kauf eines gewerblichen Schwerlasttrades. Diese Kleinserien-Richtlinie wurde 2018 vom Bundesumweltministerium verabschiedet. Dazu kommt, dass viele vom Bund geförderte Projekte wie „Ich entlaste Städte“, „Velogut“ und „KoMoDo“ (Kooperative Nutzung von Mikro-Depots durch die Kurier-, Express-, Paket-Branche für den nachhaltigen Einsatz von Lastenrädern in Berlin/2018) Deutschlands Unternehmen immer mehr dazu bringen, sich mit Alternativen und Ergänzungen zum motorisierten Verkehr zu beschäftigen. Besonders die KEP-Branche (Kurier- und Expressdienst) wird angesprochen. Weitere Treiber sind Förderungen für den privaten

Cargobike-Kauf sowie die Möglichkeit, das Cargobike als „Dienstfahrrad“ statt Dienstwagen zu leasen, oder es über eine Sharing-Plattform auszuleihen.

Natürlich, der durch attraktive Förderungen und Infrastrukturausbau vorangetriebene Boom kann mit Skepsis betrachtet werden. Jedoch gibtein Blick in die Zukunft ordentlich Eigenantrieb das Mobilitätsverhalten zu überdenken. Wem das nicht reicht, den überzeugen untenstehende Fakten. Mehr Radverkehr bringt mehr Geld, mehr Gesundheit und mehr Lebensqualität - dem Einzelnen wie allen.

DIE VORTEILE DES CARGOBIKES

Schnelligkeit: Reisezeit vs. Reisegeschwindigkeit

Der VCD beziffert die Durchschnittsgeschwindigkeit eines Autos in den meisten Deutschen Städten mit weniger als 30km/h, zum Teil nur knapp mehr als 20km/h. Nach Angaben des Umweltbundesamtes ist das konventionelle Fahrrad auf Strecken bis zu 5km/h und das E-Bike bis etwa 10km/h



Raumausstatter ©NaturWerk Berlin



Förster © Kai Tkatzik / pd-f



Waschmaschinentransport ©Kai Tkatzik / pd-f



Kurier- und Expressdienst ©Hermes

schneller als ein Auto - das gilt auch für Lastenräder. Cargobikes mit elektrischer Tretunterstützung bis 25km/h sind auf diesen Strecken die Gewinner. Dieser Schnelligkeitsvorteil kommt, da Wegzeiten präziser berechnet werden können, Parkplatzsuche und Stau entfallen. Für Fahrradfahrende frei gegebene Wege dienen als Abkürzung.

„Ich entlaste Städte“

Das eCargobike ist eine platzsparende, schnelle und flexible Alternative zum Betriebswagen im urbanen Raum aber auch in ländlichen Gegenden. Das vom Bundesumweltministerium geförderte bundesweite Projekt „Ich entlaste Städte“ (2016-2019) macht Cargobike-Testen darum für Unternehmen und Behörden attraktiv und einfach. Die Begleitstudie geht der Fragestellung nach, ob Lastenräder echte Trans-

portalternativen zum Auto sind. Hausmeisterdienste, Schornsteinfeger, Tagespflege, Tischlerei, öffentlicher Dienst und viele mehr nehmen an dem Probelauf teil. 400 Unternehmen und Einrichtungen haben bisher mitgemacht. Bis Mitte 2019 kann man sich bewerben und aus einer Reihe von 15 unterschiedlichen Cargobike-Modellen das passendste ausleihen und testen. Die Zwischenergebnisse: Die Hälfte der Testnutzenden will nach der dreimonatigen Testphase ein Cargobike kaufen, oder tut das direkt. Bei zwei von drei ausgewerteten Fahrten ersetzt das Lastenrad ein konventionell motorisiertes Kraftfahrzeug. Neben dem Wegfallen zeitaufwendiger Parkplatzsuche und der direkten Erreichbarkeit der Fahrziele, Stichworte: Schnelligkeit und Flexibilität, rücken besonders „weiche“ Aspekte wie Image und Gesundheit in den Vordergrund.

Direkt Sparen: Kostenrechner

Die Anschaffung eines Cargobikes kann - je nach Typ - vergleichbar mit der Investition in einen Kleinwagen ausfallen. Cargobikes ohne E-Antrieb gibt es ab etwa EUR 2.000,-, mit E-Antrieb geht es bei ca. EUR 3.000,- los. Jedoch sind die Unterhaltskosten für ein eCargobike niedrig. Der Kraftstoff fällt weg. Der Stromverbrauch ist gering. Die Betriebshaftpflicht deckt im Falle eines Schadens. Eine Diebstahlversicherung kann in manchen Anwendungsfällen ergänzend Sinn machen. 10.000 km eCargobike fahren kostet etwa EUR 800,- dieselbe Strecke mit einem Kleinwagen EUR 3.500,- schreibt das Fairkehr Magazin 2/2018. Aus unternehmerischer Sicht lohnt es sich, die Total Costs of Ownership des betrieblichen Fuhrparks zu kennen. Der Kostenvorteil eines Cargobikes lässt sich individuell beim VCD Online-Kalkulator nachrechnen. Diesen findet man auf der Projektseite „Lasten auf die Räder“. Für private Interessenten und Interessentinnen lohnt ein Blick in den Kostenrechner des 2018 erschienen Guides „Besser leben ohne Auto“ von Autofrei leben e.V.

Indirekt Sparen:

Gewinn für die Gesundheit

Pendeln mit dem (kompakten) eCargobike

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt ein Minimum von 30 Minuten Bewegung in moderatem Tempo an fünf Tagen pro Woche. Beruf, Terminkalender, Familie, Verein: Schaffen Sie das? Darum empfiehlt die WHO die Integration von Bewegung in Alltagswege. Keine Zeit, sagen trotzdem viele. Schaut man sich die Zahl der Pendler und Pendlerinnen in Deutschland an wird es spannend. Die große Pendlerstudie der Wochenzeitung Die Zeit (2016) zeigt, dass 49% der Pendlerinnen und Pendler in Deutschland täglich eine Strecke von maximal 10km zurücklegen. Davon nutzen im urbanen Raum 9% das Fahrrad. 10km - das ist die Strecke, die man per Pedelec schneller ist als mit dem Auto. Hier entfacht das eCargobike

sein volles Potenzial: Kinder und Einkäufe haben bequem Platz und die Fahrt wird zum gemeinsamen Erlebnis an frischer Luft. Mit einem Kompakt-Cargobike sind obendrein Kombinationsmöglichkeiten mit dem öffentlichen Personenverkehr drin. Die Cargobikes passen in Standard-Aufzüge und entsprechen (meistens) den Beförderungsbedingungen. Die Strecken können damit auch länger als 10km sein!

Return on Investment

Zurück zur Gesundheit. Aus betrieblicher Sicht wirkt sich Radfahren vor und nach der Arbeit positiv auf die tägliche Produktivität und negativ auf krankheitsbedingte Ausfälle aus. Eine Studie der Universität Freiburg (2004) belegt, dass Maßnahmen zur betrieblichen Gesundheitsvorsorge die Arbeitszufriedenheit der Mitarbeiter erhöht. Unabhängige Untersuchungen haben einen Return on Investment zwischen drei und fünf Euro je investiertem Euro in die Gesundheitsvorsorge ermittelt. Die Einsparungen basieren auf einer Kostenreduzierung durch geringere krankheitsbedingte Fehlzeiten. 1/3 wiederum ist der reduzierende Faktor der Krankheits-tage, wenn ein Mitarbeiter mit dem Rad zur Arbeit fährt. Das sind rund 1,4 Tage im Monat und rund EUR 300,- Einsparungen pro Mitarbeiter pro Jahr sagen Daten des niederländischen Forschungsinstitutes TNO (2009).

Zivilisationskrankheiten

Zivilisationskrankheiten wie Fettleibigkeit, Herzkrankheiten und Diabetes ließen sich demzufolge minimieren. Auch das Naturdefizitsyndrom bei Kindern, welches in den letzten Jahren für negative Schlagzeilen sorgte, ließe sich durch mehr Bewegung draußen verringern. Aber das „draußen sein“ ist im urbanen Raum gerade für die jüngere Generation mit Hindernissen und Hemmnissen verbunden: Wenig Platz, zu laut, zu riskant für eigenständige Mobilität da viel (motorisierter) Verkehr. Eng ver-



Schlüsselübergabe © Volker Hoffmann /Forschungsgesellschaft Mobilität FGM

knüpft an die Gesundheit jedes Einzelnen ist damit die Gesundheit einer Stadt. Und diese Gesundheit kann daran gemessen werden, wie lebenswert sie für Jung, Mittel und Alt ist. Damit spannt sich der Bogen von der Gesundheit des Einzelnen zum Großen und Ganzen.

Umwelt, Klima, Lebensqualität

Gesundheit ist so politisch wie Wohnraum und Verkehr. Lärm und Schadstoffemissionen wie Feinstaub, CO₂ und Stickoxide, ausgelöst durch den motorisierten Verkehr, stellen ein massives Problem für Umwelt, Klima, Mensch und Gesundheit dar. Die Heinrich Böll Stiftung schreibt im Böll.Brief #7 (8/2018), dass der Verkehr in Deutschland seit 1990 keinen Betrag zum Klimaschutz geleistet hat. Die Emissionswerte von 150 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr sind seit knapp 20 Jahren unverändert - das trotz des technischen Fortschritts. Die Zahl der zugelassenen PKWs in Deutschland übersteigt heute erstmals die Zahl der Haushalte. Mit der EU Luftreinhalte-Richtlinie steht zumindest das

Ziel einer CO₂-freien Innenstadtlogistik bis 2030. Die Verlagerung des Wirtschaftsverkehrs auf Lastenräder ist bereits im Gange. Bis 2050 können mehr als die Hälfte aller Transporte in europäischen Städten per Lastenrad erfolgen, so die Studie des europäischen Cyclelogistics-Projekts.

Umweltbewusstsein versus Umweltverhalten

Rund zwei Drittel aller Transporte in der Stadt sind privat schreibt das Fairkehr Magazin (2/2018). Das Cargobike hat damit auch als privates Allround-Fahrzeug Zukunft. Allein indem man im Jahr 1000km Autofahrt auf ein Fahrrad verlagert, kann jeder und jede 250 kg CO₂ einsparen (Greenpeace 04/2007). Rund 82% der Volljährigen sind laut einer Studie des Bundesministerium und Umweltbundesamt aus dem Jahr 2014 bereit Städte und Kommunen so zu gestalten, dass sie weniger aufs Auto angewiesen sind. Das Bewusstsein ist da. Das Verhalten hinkt. Warum?



Auf einem PKW-Parkplatz haben mindestens drei Cargobikes Platz © Volker Hoffmann / Forschungsgesellschaft Mobilität FGM

Besonders der Umstieg aufs Lastenrad als Alternative zum eigenen Auto wird ausgebremst durch mangelnde Sicherheit im Straßenverkehr und zu wenig (sichere) Abstellmöglichkeiten. Beides geht auf fehlende bzw. mangelhafte Infrastruktur zurück. Daneben schrecken viele, die noch nie Lastenrad gefahren sind, vor den Anschaffungskosten zurück - vor allem weil man ja nicht jeden Tag ein Cargobike benötigt.

Sharing: Nutzen statt Besitzen

Gemeinsam nutzen statt allein besitzen ist eine Lösung. Da sich Cargobikes mit wenigen Handgriffen an die Körpergröße der Fahrerin bzw. des Fahrers anpassen, sind sie perfekte Unisex-(Leih)Räder.

Freie Lastenräder

Die Lastenrad-Szene zeigt sich innovativ wie kooperativ: In über 50 deutschen und österreichischen Städten gibt es bereits Initiativen Freier Lastenräder. Diese Commons Initiativen, sprich kostenfreie/spendenbasierte Sharing-Angebote aus der Community - sind auf der Website des „Forum Freie Lastenräder“ zusammengefasst und entwickeln sich ständig weiter: Die Plattform LARA Share zB.

bietet neben einfachem Cargobike-Sharing auch die Option für sichere und trockene Miet-Abstellplätze! Wer eine Commons-Initiative gründen will, dem hilft das Handbuch Freie Lastenräder.

Kommerzielle Leih-Lastenräder

Auf kommerzielles Cargobike-Sharing setzt das Modellprojekt TINK. Das bundesgeförderte Projekt berät mit eigenem TINK Ratgeber beim Aufbau eines kommerziellen Cargobike-Sharing-Angebotes. In der Zwischenzeit geht die Hamburger Behörde für Wirtschaft und Verkehr in Kooperation mit DB Rent schon ihren Weg: Sie stockt die Flotte des Hamburger Fahrrad-Verleihsystems StadtrAD im Jahr 2019 um 20 E-Lastenräder auf. Die Flotte soll auf 70 eCargobikes wachsen.

Infrastruktur: Mobility Made In Germany

Sichere Straßen, Empfehlungen für Radverkehrsanlagen

Denken Sie mal kurz an ihren Berufsweg. Würden Sie auf dieser Strecke ein Kind (allein) mit dem Rad fahren lassen? Wenn Sie die Frage mit ‚Ja!‘ beantworten, herzlichen Glückwunsch! Die Infrastruktur ist optimal und sicher.

Leider verzichten aber viele Menschen aufs Rad, da es ihnen zu wenig sicher ist - vor allem das Fahren neben dem motorisierten Verkehr ist für viele ein Stressfaktor. Poller, Bordsteinkanten, Fahrbahnwechsel und schmale Radwege sind zusätzliche infrastrukturelle Hürden die besonders Cargobikefahrer*innen ausbremsen. Außerdem erhöhen diese Hürden das Unfallrisiko. Empfehlungen für die Politik in Bezug auf den Bau von (Lastenrad gerechten) Radverkehrsanlagen liegen vor. Bei der Nationalen Radverkehrskonferenz 2017 in Mannheim brachten die Niederländer die deutsche Planungsgründlichkeit auf den Punkt - es geht dabei um Radschnellwege: „Ihr habt bald das perfekte Regelwerk für Radschnellwege in Deutschland, aber fast keine Radschnellwege. Wir in den Niederlanden haben schon ganz viele Radschnellwege, aber kein Regelwerk.“ Der Böll.Brief #7 macht in diesem Kontext Mut: „Wenn deutsche solide Planung mit Mut zum Handeln kombiniert wird, könnte ein Erfolgsmodell von „Mobility Made in Germany“ entstehen. Dazu braucht es (...) Geld, aber auch Mut zur Vision und eine Novelle der StVO (...)“

Sicheres Fahrradparken und Flächenverteilung

Zu einer optimalen Infrastruktur für Cargobikes und hochwertige Räder im Allgemeinen, zählen einfach zugängliche, witterungs- wie diebstahlgeschützte Abstellplätze. Ein Meilenstein ist hier mit dem Wegfall des Stellplatznachweises für Autos und der Initiierung des Nachweises für Fahrradstellplätze bei Neubauten erreicht. Ein Blick auf die Flächenverteilung im urbanen Raum demonstriert wie viel Platz für den ruhenden motorisierten Individualverkehr reserviert ist und wie wenig Platz für Fahrradverkehr und Fußgänger*innen vorhanden ist. Angesichts steigender Mieten und knappen Wohnraum ist es obendrein paradox, dass PKW Parkplätze nicht teurer sind. Der VCD

beschäftigt sich im Projekt „Mehr Platz fürs Rad“ mit einer fairen Flächen(um)verteilung in der Zukunft - denn auf einem PKW-Parkplatz haben mindestens vier Cargobikes und zwölf normale Räder Platz.

BETRIEBLICHES MOBILITÄTSMANAGEMENT War for Talents

Das Auto verliert als Statussymbol seine Bedeutung, schreibt das Zukunftsinstitut. Smarte Mobilitätslösungen laufen dem Statussymbol „Besitz“ und „Auto“ den Rang ab. Dafür steigt der Status des Fahrrades. Als smarte Fahrzeuge sind sie Sympathieträger und Lifestyle. „Innovative Mobilitätskonzepte und glaubhaftes Engagement für die Umwelt sind heute wichtige Faktoren für die Außenwirkung eines Unternehmens“, schreibt wiederum der VCD. Medien zufolge suchen deutsche Unternehmen aktuell händeringend nach qualifizierten Fachkräften. Man spricht von einem „War for Talents“ - um einen Krieg um die besten Mitarbeiter*innen. Die SEMrush-Studie analysierte vor diesem Hintergrund Google-Daten. Ende 2018 veröffentlichte das Projektteam interessante Ergebnisse: Neben „Homeoffice“ ist das „Dienstrad“ ein attraktives Benefit, nach denen deutsche Arbeitnehmer*innen besonders oft im Internet suchen. Gute Arbeitgebende setzten also jetzt aufs Rad - egal welches!

Diensträder: Dem Betriebsrat ein Betriebsrad

Ein Cargobike als Dienstrad ersetzt den Dienstwagen. Unternehmen wie Jobrad, Bikeleasing-Service und Mein-Dienstrad bieten Lösungen für Arbeitnehmer*innen und Selbständige die mit Fahrrad zur Arbeit pendeln wollen. Das Prinzip ist (größtenteils bei allen) dasselbe wie beim Dienstwagenmodell. Es basiert auf Gehaltsumwandlung mit Steuervorteil. Wer jetzt billige Lastenräder fürs gesamte Team least der bzw. die wird von der Nutzung enttäuscht sein. Erfah-



Fahrradinfrastruktur oder Hindernis? © TINK

rungen zeigen, dass individuell angepasste Diensträder beliebter sind und häufiger genutzt (und gepflegt) werden als die betriebliche Fahrradflotte. Welche Vorteile besonders das Cargobike als Betriebsrad bringt, beantwortet der VCD auf der Website „Lasten auf die Räder“. Unternehmen können dort herausfiltern ob Kauf, Sharing oder Leasing die beste Lösung für ihren Betrieb ist. Von Potenzialanalyse über Wartung des Rades bis hin zu Verkehrsrecht, Arbeitsschutz und Wetter findet man auf der Website alles. Erneut der Hinweis an der Stelle, dass es zahlreiche bundesgeförderte Projekte gibt, die das Testen von Cargobikes einfach machen. Probieren statt Studieren!

Mit dem Rad zur Arbeit Multimobilität als Option

Wie kriegt man die Belegschaft aufs Rad? Zu allererst: Man muss nicht alle überzeugen. Unternehmen können Carsharing und ÖP-

NV-Nutzung ins betriebliche Mobilitätsmanagement aufnehmen und attraktiv machen. Das von der Österreichischen Bundesregierung geförderte Forschungsprojekt GISMO (2018) ging der Frage nach, wie sich aktive Pendlermobilität (Radfahren, zu Fuß gehen) auf die Gesundheit auswirkt. Die Ergebnisse fielen eindeutig positiv aus. Daraus entwickelte sich ein Pendlerrechner der Routenempfehlungen unter Berücksichtigung der Gesundheitsaspekte gibt. Der Rechner soll besonders Unternehmen helfen, aktive Mobilität zu Fuß und mit dem Fahrrad im Betrieb zu fördern.

Gaming fürs Neugierige, Leasing für Radfreunde

Eine Möglichkeit Motivation fürs Fahrradpendeln zu schaffen, ist innerbetriebliches Gaming mit attraktiven Benefits. Unternehmen wie Bike Citizens haben sich über App-Games darauf spezialisiert und beraten Kommunen



Platzproblem oder Flächenverteilungsproblem? © CargobikeRoadshow/Sbloccs

und Betriebe. Dienstrad-Leasing erfreut Freizeitradler und jene, die ab und zu mit dem Fahrrad pendeln. (Werdende) Eltern erreicht man mit Cargobike-Angeboten. Da unser Mobilitätsverhalten geprägt ist von Routinen sind gerade Umbruchsphasen besonders interessant. Steht dem Unternehmen ein Umzug oder Umstrukturierung bevor? Perfekt! Das ist der beste Augenblick das Fahrrad in den Betriebsalltag zu integrieren.

Basisinfrastruktur mit Benefit

Im Office braucht es Umkleiden - im Idealfall Duschkmöglichkeiten und Spints. Abstellmöglichkeiten für hochwertige, großformatige (Lasten)Räder sind selbstverständlich. Hinzu kommen attraktive Reparatur- und Wartungsservices für die Belegschaft während der Arbeitszeit.

FAZIT: ZURÜCK ZUM CARGOBIKE

Als praktische Alternative zum motorisierten Verkehr und vielseitige Ergänzung zum normalen Fahrrad hat das Cargobike eine Schlüsselfunktion in der Mobilitätswende - egal ob mit Elektrifizierung oder ohne - im Wirtschaftsverkehr oder privat. In der Vielfalt an Optionen rund um zukunftsweisende, neue Mobilitätsmittel ist das Cargobike das einfache, niedrighschwellige und ab sofort einsatzbereite Universal-Fahrzeug. Jeder und jede hat die Möglichkeit ohne großen Aufwand sofort umzusteigen. Die Renaissance des Cargobikes passiert in diesem Augenblick auf den Straßen!

Der Artikel endet mit einem Zitat von Arne Behrensen aus dem Vorwort zum 2018 erschienenen Buch „CarGo BikeBoom“ von J. Ghebregziabiher und E. Poscher-Mika. Auf die Frage „Warum eigentlich gerade jetzt Cargobikes?“ antwortet er: „Ja wann denn sonst?“

SICHER UND SCHNELL DURCH DEN STRASSEN- VERKEHR MIT INTELLIGENTER BERUFSBEKLEIDUNG

Laura Tihon, Prof. Dr. Hans-Liudger Diemel,
Prof. Monika Fuchs
Berliner Hochschulprogramm DiGiTal - Digitalisierung:
Gestaltung und Transformation

Partizipative Produktentwicklung attraktiver Hybride aus Textil und Elektronik zur Förderung der Fahrradmobilität im Arbeitsalltag.

Als Grundbedürfnis der modernen Gesellschaft treibt Mobilität Innovationen und Wachstum an.¹ In Deutschland ist die Produktion von Mobilitätswerkzeugen sogar der wichtigste Innovationstreiber der Wirtschaft. Die Fahrradmobilität bietet die sozial-ökologische Chance, Verkehr im urbanen Raum neu zu denken, um Wege und Alltagsziele emissionsärmer, komfortabler und günstiger erreichbar zu gestalten und die Mobilität vom Ressourcenverbrauch teilweise zu entkoppeln.² Insbesondere im Lieferverkehr können Lastenräder zu effizienten Logistikkonzepten im urbanen Raum führen. Der Umstieg von Auto- auf Fahrradmobilität im beruflichen Kontext kann aber nur dann erfolgreich umgesetzt werden, wenn die Sicherheit im Straßenverkehr gewährleistet und die Arbeitsqualität nicht unter dem Wechsel des Verkehrsmittels leidet. Digitalisierung und Sensorik treiben die autonome Mobilität voran - der Verkehr steht vor einem fundamentalen Wandel. Das gilt auch für den Fahrradverkehr. Eine intelligente Bekleidung kann in diesen Umbruch befördern und als Enabler zum Umstieg im Arbeitsalltag erkannt werden, wenn sie es ermöglicht, Arbeitsabläufe zu vereinfachen und Berufe auf dem Fahrrad sicher und attraktiv für potentielle Arbeitnehmer*innen zu gestalten. Dazu benötigt es eine Zusammenführung von Bekleidung und Elektronik zu attraktiven und anpassungsfähigen Hybriden. Die Möglichkeiten dieser Zusammenführung stehen im Zentrum des folgenden Beitrags.

¹ Vgl. McKinsey Berlin 2016, S.7.

² Vgl. Greenpeace e.V. 2015, 2015.

In kooperativer Forschung der Bekleidungstechnik an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW) und dem Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre der Technischen Universität Berlin (TU) werden zukünftige Sicherheitskonzepte für Fahrrad-fahrende im Lieferverkehr entwickelt, die auf interaktiven Systemen mit digitaler Bekleidung beruhen. Im Fokus der Zusammenarbeit liegt die partizipative Produktentwicklung, um eine effiziente und benutzerfreundliche Bedienung von Assistenzsystemen in Bekleidung zu gewährleisten. Der vorliegende Beitrag zum Kompendium Systemwissen digitale E-Mobilität zeigt die Notwendigkeit der Einbeziehung von vernetzter Berufsbekleidung in den Diskurs der Mobilitätswende. Dazu wird das Potenzial von Hybriden aus Textil und Elektronik für die Förderung der Fahrradmobilität erörtert, die in einem partizipativen Produktentwicklungsprozess entstanden sind.

DIE BEDEUTUNG DER MOBILITÄTS- WENDE FÜR BERUFSBEKLEIDUNG

Insbesondere in Großstädten, in denen der Raum immer knapper wird, fordern alle Verkehrsteilnehmenden ihren Platz für sichere Mobilität. Die Verkehrsumgebung wird von dem Fokus auf Automobilität geprägt. Daraus resultieren negative ökologische und gesundheitliche Auswirkungen, wie u.a. Lärmbelästigung, körperliche Inaktivität, Luftverschmutzung und Verkehrsunfälle.³ Mit dem stetigen Anstieg des Onlinehandels nimmt auch der Lieferverkehr in den Städten weiterhin zu.⁴ Folgen sind ein immer dichter werdender Straßenverkehr und eine ansteigende Klima- und Umweltbelastung.⁵ Um die Abgasemissionen in Deutschland zu reduzieren, müssen neue Mobilitätslösungen für den Lieferverkehr gefunden und die Attraktivität zum Umstieg vom Pkw auf umweltschonenden

³ Vgl. World Health Organisation 2000, S.6.

⁴ Vgl. IFH Köln GmbH 15.11.2018.

⁵ Vgl. Umweltbundesamt 19.10.2018.

de Verkehrsmittel gefördert werden. Insbesondere Lastenräder zeigen im beruflichen Kontext großes Potenzial für den Umstieg, da die aufgeführten negativen Effekte der Automobilität entfallen und sie gleichzeitig Ladefläche für Liefer- und Arbeitsutensilien bieten. Die Mobilitätswende wird dadurch im beruflichen Kontext vorangetrieben. Ein globaler Treiber dafür sind Zustelldienste und Lieferservices, die insbesondere im urbanen Raum ganztägig ohne Lärmbelästigung ihrer Arbeit nachgehen müssen. In Berlin testen seit Juni 2018 fünf große Paketzusteller ein Jahr lang, ob Pakete mit dem Fahrrad geliefert werden können. Gründe für die Umstellung sehen die Paketdienstanbieter in der Verkehrssituation in den Innenstädten. Aufgrund der Verdichtung der Städte haben die Auslieferer Probleme, sich mit den großen Fahrzeugen im Stadtgebiet zu bewegen. Ein Fahrrad bietet sich an, um aus dem Autoverkehr herauszukommen und näher an den Kunden*in heranzufahren.⁶ Die Lieferwege können dadurch schneller und effizienter gestaltet werden. Mit einem Wechsel des Verkehrsmittels verändern sich die Arbeitsbedingungen des Berufsfeldes sowie die Anforderungen an die Arbeitsmittel, Arbeitssicherheit und Arbeitsbekleidung.

Bekleidung wird als Gegenstand des alltäglichen Lebens direkt am Körper getragen und eignet sich zur direkten Erfassung und Unterstützung der Körperfunktionen.⁷ Gleichzeitig muss sie sich der Mobilität des Nutzers_in stetig anpassen, wird aber in der bisherigen Diskussion zu verändertem Mobilitätsverhalten nicht ausreichend mit einbezogen. Mit der kooperativen Forschung der TU und HTW Berlin wird erstmalig Bekleidung als Enabler für den Umstieg von Auto auf Lastenräder erkannt.

Obwohl Berufsbekleidung für Aktivitäten auf dem Fahrrad nicht der modischen Bekleidung zuzuordnen ist, sondern dem Bereich der

Funktionstextilien, erfüllt sie nicht nur die Aspekte der Notwendigkeit und Praktikabilität. Sie muss immer auch den Designansprüchen der Zielgruppe Rechnung tragen. Durch Bekleidung wird Zugehörigkeit verkörpert und sie ist gleichzeitig auch Ausdruck von Individualität. Bekleidung ist das Ergebnis eines kreativen Gestaltungsprozesses.⁸ Berufsbekleidung verkörpert die Corporate Identity⁹ des Unternehmens in der Öffentlichkeit. Mitarbeiter*innen, die Berufsbekleidung in den Farben des Unternehmens tragen, fungieren als Markenbotschafter und sorgen für einen höheren Bekanntheitsgrad durch den Wiedererkennungswert der Corporate Fashion. Die Berufsbekleidung ist Teil der Unternehmenskommunikation.¹⁰ Aufgrund dessen ist die Entwicklung von Bekleidungskonzepten im beruflichen Kontext oftmals in den Marketingabteilungen angesiedelt. Die Mitarbeiterbekleidung wird untrennbar mit dem Unternehmen und seiner Markenbotschaft verbunden und ist damit wichtiger Bestandteil der Unternehmenskommunikation.¹¹

In interaktiven Systemen, in denen der Lastenradfahrende von Paketdienstleistern mit seiner Umgebung und anderen Verkehrsteilnehmenden vernetzt ist, bedingt es digitale Komponenten an der Bekleidung. Auch hier ist der Wert intelligenter Bekleidung für das Unternehmen nicht ausschließlich auf die Funktion selbst zurückzuführen. Eine technische Ausstattung der Berufsbekleidung mit digitalen Modulen kann dazu beitragen, dass ein Unternehmen in der Öffentlichkeit als innovativ und zukunftsorientiert wahrgenommen wird. Die Anpassung der Berufsbekleidung auf ein verändertes Mobilitätsverhalten muss mit der Corporate Identity abgeglichen

⁸ Vgl. Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V 2018.

⁹ Aus dem Englischen: Unternehmensidentität, die in Form von kennzeichnenden Merkmalen das Selbstbild des Unternehmens an die Öffentlichkeit kommuniziert.

¹⁰ Vgl. Bütow 2019.

¹¹ Vgl. Determann 2015, S. 1.

⁶ Vgl. Tagesschau 2018.

⁷ Vgl. Lukowicz 05.07.2017.

werden und passende Lösungen für die Kommunikation des Unternehmensziels gefunden werden, um das gewünschte Image im öffentlichen Raum zu vertreten. Gleichzeitig wachsen die Anforderungen an Funktionalität, Sicherheit und Tragekomfort von Berufsbekleidung für Lastenräder, da im täglichen Einsatz ihre schützende Funktion bei jedem Wetter erhalten bleiben muss.

ERHÖHUNG DER SICHERHEIT

Der Arbeitgeber*in muss im Arbeitsschutz durch geeignete Maßnahmen die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten sicherstellen.¹² Sobald Arbeiten und Tätigkeiten vom Arbeitnehmer*innen ausgeführt werden, die aufgrund ihrer Art Verletzungen oder Gesundheitsbeeinträchtigungen hervorrufen könnten, übernimmt Berufsbekleidung als persönliche Schutzausrüstung (PSA) die Aufgabe der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes. Entsprechend ist es notwendig die Risiken der Fahrradmobilität zu ermitteln und zu erfassen, ob die Fahrradbekleidung einer entsprechenden Kategorie der PSA zugeordnet werden muss. Als PSA gelten nicht persönliche Schutzausrüstungen für den Straßenverkehr, soweit sie verkehrsrechtlichen Vorschriften unterliegen. Es ist daher von den weiterführenden Arbeitsaufgaben der jeweiligen Berufsgruppe, die ein Lastenrad im Straßenverkehr nutzen, abhängig, ob die Notwendigkeit einer PSA vorliegt. Je höher die Kategorie, desto anspruchsvoller sind die Anforderungen an die Berufsbekleidung und die Konformitätsbewertungsverfahren, die ein Hersteller durchführen muss.¹³

Die Straßenverkehrsunfallstatistik verdeutlicht, dass 2017 insgesamt 79.728 Fahrradfahrende in Deutschland in einem Verkehrsunfall verwickelt waren. Davon verunglückten 382 tödlich, darunter 68 auf einem Pedelec und 59 mit einem Kleinkraftrad. Mit 74,6% war ein

Pkw der häufigste Unfallgegner, wobei Fahrradfahrende dabei nur zu 24,7 % und bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen nur zu 19,7% der Hauptverursacher des Unfalls waren.¹⁴ Der hohe Anteil der Unfälle zwischen Auto- und Fahrradmobilität ist auf die fehlende Kommunikation der Verkehrsmittel und Verkehrsteilnehmenden untereinander zurückzuführen. Der bisher begrenzte Körperschutz des Nutzers*in während des Fahrradfahrens führt zu einer höheren Verletzungsgefahr als bei Verkehrsteilnehmenden im PKW, LKW oder ÖPNV während eines Unfalls.

Lösungsansätze zur Verbesserung der Unfallgefahr zeigen sich in Hybriden aus Textil und Elektronik. Die Berufsbekleidung kann die Sicherheit im Straßenverkehr durch elektronische Komponenten erhöhen. Während der bislang unzureichende Körperschutz durch Helm und Schoner lediglich den Sturz bzw. Aufprall bei einem Unfall abdämpft, kann die Digitalisierung von Bekleidung die Kommunikation zwischen Nutzern*innen im Alltag verbessern und so zur Unfallprävention beitragen. Fahrradbekleidung bietet die Chance, durch Alltagstauglichkeit und integrierte Sicherheitskonzepte, die Fahrradmobilität attraktiver zu gestalten und sie somit zu fördern.

OPTIMIERUNG DER ARBEITSABLÄUFE

Wie zuvor beschrieben, erproben Zustelldienste und Lieferservices den Umstieg aufs Lastenrad im urbanen Raum. Das Berufsfeld der Servicefahrenden erfordert Arbeitsbereitschaft auch bei schlechtem Wetter, späten Arbeitsstunden, Wochenenden und dichtem Verkehr. Die Anforderungen an einen Servicefahrenden sind u.a. Verantwortungsbewusstsein, Reaktionsgeschwindigkeit sowie Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit und eine Überprüfung der Fahrtauglichkeit des Fahrzeuges zur Sicherstellung der Verkehrssicherheit bzw. der Einhaltung der Verkehrsregeln. Die Planung der Touren und die Logistik der Ziele und Transportgüter kann über ein digitales End-

¹² Vgl. Deutscher Bundestag 31.08.2015, §4.

¹³ Vgl. Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz 04.12.1996, §1 (3)4.

¹⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2018, S.6,9.

gerät geplant werden, wobei eine technische Affinität nötig ist, um die entsprechenden Geräte zu nutzen. Das Be- und Entladen gehört zur täglichen Routine. Die Ladung muss nach der Route geordnet und gut gesichert sein, um sie bei der Anlieferung schnell und unversehrt vorzufinden. Dabei wird von den Fahrern*innen ein Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft vorausgesetzt.¹⁵ Beim Umstieg auf ein Lastenrad wird der Anforderungskatalog um körperliche Fitness erweitert. Jedoch haben die meisten Lastenräder bereits eine Unterstützung durch einen Elektromotor. Der Prozessablauf des beruflichen Alltages kann durch das Fahrrad vereinfacht werden, da die Ware näher an den Kunden*in herangefahren werden kann und die Fußwege mit Beladung dadurch kürzer werden. Lieferwege werden kürzer und dadurch effizienter.

Die Berufsbekleidung wird während der gesamten Arbeitszeit am Körper getragen und bietet die Möglichkeit, bisher separat mitgeführte digitale Endgeräte zur Verbindung mit dem Warenwirtschaftssystem in die Bekleidung zu integrieren. Des Weiteren können Navigationssysteme mit der intelligenten Bekleidung gekoppelt werden. Die Hybride aus Textil und Elektronik bedingen ein technisches Verständnis vom Fahrer*in und verändern dadurch gleichzeitig auch die Attraktivität des Berufsbildes. Damit kann der Umstieg vom Auto auf Lastenfahräder attraktiv für zukünftige Arbeitnehmer*innen gestaltet werden und die Innovationsbereitschaft des Unternehmens nach außen kommuniziert werden.

PARTIZIPATIVE PRODUKTENTWICKLUNG VON INTELLIGENTER BERUFSBEKLEIDUNG

Bekleidung bietet als analoger Gegenstand des alltäglichen Lebens die Chance, den Einzug in die Digitalisierung mit Hilfe elektronischer Komponenten zu finden. Intelligente, tragbare Systeme können die Kommunikati-

on zwischen einzelnen Verkehrsteilnehmenden stärken und somit als Systemlösung zur Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr beitragen. Während im Alltag des Nutzers*in die Vernetzung elektronischer Geräte bereits Einzug gehalten hat, steht die Kommunikation zwischen Bekleidung und dem Internet of Things noch in den Anfängen.¹⁶ Sobald Textil eine Intelligenz durch Elektronik erhält, entsteht ein Hybrid, der in der Fachliteratur als intelligentes Textil bzw. Smart Textile bezeichnet wird.¹⁷ Wird das Textil in tragbaren Systemen verarbeitet, entsteht intelligente Bekleidung, die als Smart Clothes bzw. Wearable definiert werden.¹⁸

Um den Mehrwert der Digitalisierung für den Nutzer*in bedeutend spürbar zu machen, müssen dessen individuellen Bedürfnisse im Gesamtsystem befriedigt werden und die digitalen Innovationen einen selbstverständlichen Nutzen im Alltag schaffen.¹⁹ Die Elektronikbranche stellt sich der Aufgabe, Wearables für den alltäglichen Nutzen zu entwickeln. Hingegen haben Unternehmen der Bekleidungsbranche mit konkretem Textil- und Bekleidungswissen bislang kaum marktrelevante Wearables hervorgebracht.²⁰ Hier muss die Fahrradindustrie und vor allem die Bekleidungsbranche nachziehen. Um neue Ideen erfolgreich umzusetzen und marktaugliche Wearables zu entwickeln, müssen Wirtschaft und Wissenschaft kooperieren.²¹ Erste innovative Ideen und technische Fortschritte werden als Prototypen der Branche vorgestellt, jedoch sind marktreife Produkte eine Ausnahme. Es gilt, Netzwerke u.a. aus den Fachbereichen der Bekleidungsindustrie und der Elektrotechnik zu schaffen, um eine gemeinsame Produktentwicklung anzu-

¹⁶ Vgl. Kern und Vogt 2016, S. 49,50.

¹⁷ Vgl. CEN/TR 16298, S.6.

¹⁸ Vgl. Böger und Hartmann 2007, S.9.

¹⁹ Vgl. Gläß und Leukert 2017, S.1-3 und Lukowicz 05.07.2017.

²⁰ Vgl. Lamkin 2017.

²¹ Vgl. Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V 2018, S.1 und Diemel 2009, S. 296.

¹⁵ Vgl. Bundesagentur für Arbeit 2019, S. 2.

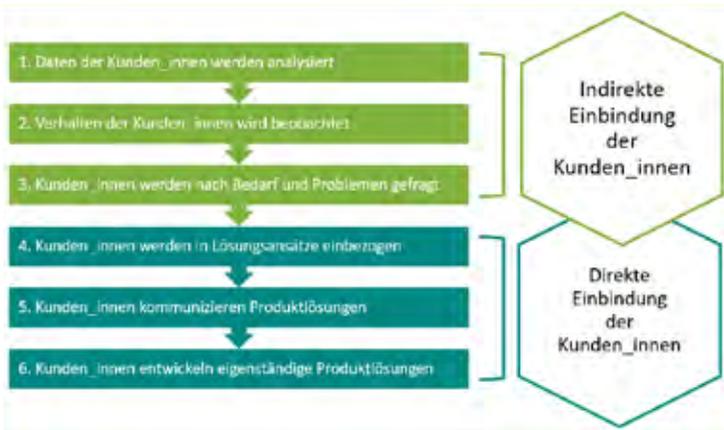


Abbildung 1: Stufenmodell zu Kundenrollen und Intensität der Einbindung nach Knöchel und North

streben. Gleichzeitig muss die Expertise zur Technikfolgeabschätzung und Verkehrsplanung integriert werden. Die Digitalisierung in Form von Wearables für die Praxis bedingt die transdisziplinäre Zusammenarbeit.

Da zwei unterschiedliche Technologien der Bekleidung und Elektronik zusammengeführt werden, bedarf es einer neuen Produktentwicklungsmethodik. Die bisherige Produktentwicklung von Bekleidung muss dazu verstanden und die Möglichkeiten eines partizipativen Entwicklungsmodells durchdacht werden. Ausschlaggebend dafür ist, dass Innovationen und neue Geschäftsmodelle nur dann erfolgreich auf dem Markt etabliert werden, wenn die Ängste vor Entmündigung und Kontrollverlust in einer digitalen Zukunft ernst genommen und innovative Ansätze gefunden werden, die auf gesellschaftliche Akzeptanz stoßen.²² Der Mensch selbst steht im Fokus der Digitalisierung.²³

Die Akzeptanz, die durch Einbindung der Kunden*innen in die Produktentwicklung gestärkt wird, ist ausschlaggebend für die

²² Vgl. Tihon 2017, S.100.

²³ Vgl. Knaut 2016, S.7.

Implementierung digitalisierter Bekleidung. Jedoch mangelt es in der Bekleidungsirtschaft an einer interaktiven Wertschöpfung durch die Integration des Nutzers*in.²⁴ Dagegen ist die Beteiligung der Nutzer*innen im Bereich der PKW-Entwicklung methodisch recht entwickelt.²⁵ Die Intensität der Einbindung der Kunden*innen kann nach Knöchel und North im Innovationsprozess sechs unterschiedliche Stufen einnehmen, die in Abbildung 1 verdeutlicht werden.²⁶

Innerhalb des Forschungsprojektes der TU und HTW Berlin wurden die Stufen 3. und 4. der Kundenintegration in die Produktentwicklung durchgeführt. In zwei qualitativen und zwei quantitativen Erhebungen wurde der Bedarf an alltagstauglicher Fahrradbekleidung erfasst. Dazu wurden je nach empirischer Erhebung Mitarbeiter*innen von fahrradfördernden Unternehmen, Alltagsfahrradfahrende und berufliche Lastradfahrende nach Bedarf und Problemen der Fahrradbekleidung sowie Nutzer*innen zur Akzeptanz gegenüber digitalisierter Beklei-

²⁴ Vgl. Fuchs 2014, S.18.

²⁵ Vgl. Diemel 2004, S. 226.

²⁶ Vgl. Knöchel und North 2018, S.4.

Antwort	381 Teilnehmer_innen (Mehrfachantwort möglich)
Ja, ich kann mir vorstellen smarte Bekleidung zu tragen.	41,5%
Ja, ich kann mir vorstellen eine Smartwatch oder ähnliches zu tragen.	31,5%
Nein	36,0%
Ich habe dazu keine Meinung.	7,3%
Befürwortung von Smart Watch oder Smarter Bekleidung	56,7%

Tabelle 1: Intendierte Kaufbereitschaft gegenüber smarterer Bekleidung, nach Tihon 2017, S.91

dung befragt.²⁷ Es zeigt sich im Individualverkehr sowie im Berufsverkehr der Bedarf, die Alltagstauglichkeit von Fahrradbekleidung zu erhöhen. Im Fokus dabei steht, dass sich die Bekleidung auf die Intermodalität und den Tagesaufgaben des Nutzers*in anpasst. Weiterführend sehen die Befragten ein großes Problem in der Verkehrssicherheit für Fahrradfahrende. Die Lösungsansätze sollen aus Sicht der Befragten zukunftsorientiert sein und gleichzeitig dem Anspruch an Design und Langlebigkeit Rechnung tragen. Als großes Problemfeld wird der Wetterschutz zu jeder Jahreszeit genannt.

Den ökonomischen Anreiz zur Entwicklung tragbarer Lösungen bietet die intendierte Kaufbereitschaft gegenüber digitalisierter Bekleidung, die in Tabelle 1 auf die Frage „Können Sie sich vorstellen Wearables zu

tragen?“ anhand einer nichtrepräsentativen Umfrage des Forschungsvorhabens mit Möglichkeit einer Mehrfachnennung verdeutlicht wird.²⁸

Obwohl nur 9,3% der Befragten bislang ein Wearable besitzen, können sich 56,7% vorstellen, in Zukunft Wearables zu kaufen. Die Verhaltensakzeptanz in der tatsächlichen Nutzung kann im aktuellen Forschungsstand nicht erfasst werden.

Um Stufe „4. Kunden*innen werden in Lösungsansätze einbezogen“ zu untersuchen, wurden die Befragten nach Ihren Wünschen bezüglich intelligenter Bekleidung gefragt. Anhand der Bedarfsanalyse und der Wünsche der Befragten wurden Module konzeptionell erarbeitet und die entwickelten Lösungsansätze in Form von Szenarien für die Befragten formuliert sowie die Befragten nach ihrer Beurteilung gefragt. Eine Onlineumfrage hat dabei ergeben, dass 61% der Befragten eine Radfahrbekleidung, die durch Kommunikation mit den Bordcomputern von Autos zu mehr Sicherheit im Straßenverkehr führt, befürworten. Hingegen traf die Funktion von Bekleidung als Bordcomputer mit nur 24,7% auf wenig Akzeptanz (Tabelle 2).²⁹

Aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen, hat das Forschungsprojekt der TU und HTW zum Ziel, eine Open Innovation Plattform (OIP) zu erstellen, auf der die durchgeführten Stufen interaktiv und in iterativen Prozessschleifen ablaufen können. Die Partizipation des Nutzers*in in die System- und Produktentwicklung von innovativer Fahrradbekleidung wird mit Hilfe einer digitalen Plattform durchgeführt. OIP in unterschiedlichen Branchen zeigen sowohl Erfolge als auch Misserfolge auf. Ausschlaggebend für den Erfolg sind dabei die konkrete Ausgestaltung der Nutzer*innenpartizipation und

²⁸ Die Ergebnisse basieren auf einer Umfrage mit 381 Teilnehmern_innen. Vgl. Tihon 2017, S.91.

²⁹ Vgl. Tihon 2017, Anhang S.72.

Szenario	Das würde ich nicht nutzen wollen.	Das würde ich nutzen wollen.	Ich habe dazu keine Meinung.	Anzahl der Stimmen
Meine Bekleidung denkt ständig wie ein kleiner Bordcomputer für mich mit. Sie teilt mir meine Gesundheitsdaten mit.	65,3%	24,7%	10,1%	377
Meine Radfahrbekleidung verhilft mir durch Kommunikation mit den Bordcomputern der Autos zu mehr Sicherheit im Straßenverkehr.	27,2%	61,5%	11,3%	379
Ich kann mit Leuchtelementen an einem textilen Produkt das Abbiegen oder Stoppen anzeigen. Das Element kann am Ärmel, an der Hand und am Rücken der Jacke angebracht werden.	34%	38,4%	27,6%	344

Tabelle 2: Gesellschaftlichen Akzeptanz gegenüber smarterer Fahrradbekleidung, Tihon 2017 und Fuchs 2017-2017

auf das Produkt angepasste Dienstleistungen.³⁰ Als zentrale Fragestellung wird ein Lösungsansatz verfolgt, der eine dynamische Produktentwicklung in iterativer Verbesserungsschleife generiert. Eine partizipative und iterative Produktentwicklung führt dazu, dass Wearables auf die ständigen Veränderungen, wie z.B. die demografische Umverteilung oder Veränderungen des Straßenverkehrs durch autonomes Fahren, reagieren. Die Gestaltung der User Experience muss unter besonderer Berücksichtigung der gleichgestellten Ansprachen beider Geschlechter und der Produktbesonderheiten von Bekleidung in den Fokus der Entwicklung gelegt werden. Der Internetauftritt ist in Struktur, Design und Navigation so zu gestalten, dass sich alle Geschlechter gleichermaßen angesprochen fühlen. In der Anwendung der OIP kann der Nutzer*in aktiv an einer Produktentwicklung teilhaben und den Produktentwicklungs- sowie Lebenszyklus miterleben.

³⁰ Vgl. DieneI et al. 2009,S. 172 und European Institutes of Technology EIT Digital 2015.

Um den Fokus der Corporate Fashion zu beachten, müssen die Bedürfnisse des jeweiligen Unternehmens verstanden und als zentraler Aspekt der Bedarfsanalyse gesehen werden. Entsprechend der Anwendung sind daher zum einen die Unternehmen als Kunden und zum anderen die Arbeitnehmer*innen als Kunden*innen in die Produktentwicklung einzubeziehen.

Durch die Integration von Elektronik in Fahrradbekleidung ist es möglich, neue interaktive Verkehrskonzepte anzudenken und eine Vernetzung mit der Verkehrsumgebung zu ermöglichen. Die Wirkung von Innovationen können wenige bis keine Folgen für Gesellschaft und Umwelt haben, gleichzeitig aber auch weitreichend sein, je nach Ausführung. Entsprechend ist es notwendig eine Technikfolgenabschätzung (Technology Assessment) durchzuführen. Als Tool der partizipativen Produktentwicklung bezieht die Constructive Technology Assessment (CTA) soziale oder ökologische Folgen bereits in den Konstruk-



Abbildung 2: Positionierung und Auswirkungen von Bedien- und Beleuchtungselementen an der Fahrradbekleidung © HTW Berlin, Projekt Incyc

tionsprozess mit ein. Die Entwicklungen werden somit nicht nur im Nachhinein beurteilt, vielmehr beeinflusst die Rückmeldung der Folgeabschätzung bereits im Vorhinein die technische Entwicklung.³¹

Neben der Befragung von Nutzer_innen zu den Szenarien wurden mögliche Auswirkungen der Berufsbekleidung für den Verkehr in Praxistests erfasst. Dazu wurden vor Entwicklung der technischen Lösung mit einfachen Mitteln Positionen für Schaltflächen und aktiver Beleuchtung erprobt. In Zusammenarbeit mit der Kraftfahrzeugtechnik an der HTW Berlin konnte so ermittelt werden, welche Flächen auf dem Fahrrad gut sichtbar sind und wie der Fahrradfahrende die technischen Module ansteuern kann, ohne vom Fahren selbst abgelenkt zu werden (Abb. 2).

Die Ergebnisse der Befragungen innerhalb der Forschung zeigen, dass digitalisierte Prozesse Ängste vor Entmündigung und Kontrollverlust des Individuums antreiben. Der Nutzer*in möchte weiterhin die Möglichkeit haben, in Prozesse einzugreifen und die Aufgabe der kreativen Entscheidungsfindung inne zu haben. Der Wunsch des Menschen nach einem Resonanzverhältnis zwischen sich und der Welt führt dazu, dass der

³¹ Vgl. Schot und Rip.

Nutzer*in auf Reibungspunkte stoßen und eigene gedankliche und haptische Anreize liefern möchte.³² Mit Integration des Critical Making in den Produktentwicklungsprozess wird kritisches Denken und praktisches Machen der Zielgruppe zusammengeführt. Die pädagogische Praxis verwendet die materielle Auseinandersetzung mit Technologien, um eine soziale Reflexion in kritischen Prozessen zu ermöglichen. Es treffen sich dabei das kritische Denken als abstrakt, intern und kognitiv individualistisch betrachteter Prozess und das Machen als materiell, außen- und gemeinschaftsorientierter Prozess. Das Critical Making will als Bindeglied zwischen konzeptuellem, linguistischem Denken und körperlichem, materiellem Machen fungieren.³³

Es ist geplant, innerhalb des Forschungsprojektes einzelne Module, die zur Digitalisierung der Bekleidung eingesetzt werden, mit Nutzer*innen in Workshops eigenständig in die Fahrradbekleidung zu integrieren. Die produktive Aktivität wird dazu im geplanten Living Lab durchgeführt, das als Ort der interdisziplinären Forschung zur Mensch-Technik Interaktion konzipiert ist. Es wird eine Plattform geschaffen, in der alle partizipativen Projekte im Bereich Mobilität, Elektronik und Bekleidung gemeinsam forschen. Das geplante Konzept des Forschungsprojektes möchte dabei folgende Fragen beantworten:

- Wie können Ängste und die Konfrontation zwischen Technologie und kritischer Zivilgesellschaft durch Mitgestaltung und Verständnis gelöst werden?
- Wie passiert die Interaktion zwischen Mensch und selbstgestalteter und selbstbestimmter Technik, und wie verändert sie sich im Laufe der Zeit?

Durch die Zusammenführung der interessierten Parteien im Living Lab, die in Abbildung 3 dargestellt sind, wird es möglich, interdis-

³² Vgl. Tihon 2017, S.128.

³³ Vgl. Ratto 2011, S. 252-260.

ziplinäre Forschungsansätze gemeinsam zu diskutieren und eine partnerschaftliche Analyse der gesellschaftlichen Dynamiken und Prozesse durchzuführen.

Dadurch werden Wissenschaften unterschiedlicher Disziplinen verknüpft und ein ganzheitlicher Lösungsansatz für gesellschaftliche Probleme ermöglicht. Bildungs- und Forschungseinrichtungen, sowie private und öffentliche Akteure informieren sich gegenseitig über Zukunftstechnologien und gestalten sie für Nutzer*innen greifbar. Durch die frühzeitige Integration der Nutzer*innen können akzeptanzbehindernde und -fördernde Faktoren analysiert, akzeptanzerhöhende Maßnahmen abgeleitet und verschiedene Partizipationsformate mit unterschiedlichen Akteuren durchgeführt werden, um ihr Potenzial zur Akzeptanzerhöhung zu erforschen. Das Feedback fließt in iterativen Prozessschleifen zurück in die Forschung.

Für eine nachhaltige Entwicklung sind umweltschonende Konsum- und Produktionsmuster ausschlaggebend. Die eingesetzten Rohstoffe für die Hybride aus Textilien und Elektronik sind endlich. Jede Produktentwicklung bedingt die Einbeziehung der Grundsäulen der Nachhaltigkeit. Ökologi-

sche, soziale und ökonomische Nachhaltigkeitsaspekte müssen gleichermaßen Einfluss finden und die bisherige Produktentwicklung überdacht werden.

Durch den Ansatz der kundenintegrierenden Produktentwicklung entstehen Produkte, die für die Anwendungen des Nutzers*in selbst einen hohen Wert haben. Gleichzeitig kann durch den modularen Aufbau eine individuelle Anpassung des Systems auf die Bedürfnisse gewährleistet werden. Dadurch werden Über- und Fehlproduktionen verringert und die Module können bei Veränderung des Arbeitsumfeldes angepasst werden. Es ist nicht notwendig, eine neue Jacke herzustellen, sondern ausschließlich das Modul auszutauschen. Durch die partizipative Produktentwicklung entstehen Lerneffekte, mit denen Verbraucher*innen und Produzenten der Herausforderung nachhaltigen Wirtschaftens gerecht werden können. Die Einbeziehung des Unternehmens und dessen Mitarbeiter*innen als Endnutzer*innen der Berufsbekleidung in die Produktentwicklung schafft ein Bewusstsein für die Wirkungen von Design- und Investitionsentscheidungen.

Weiterführend müssen die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt durch die Beachtung

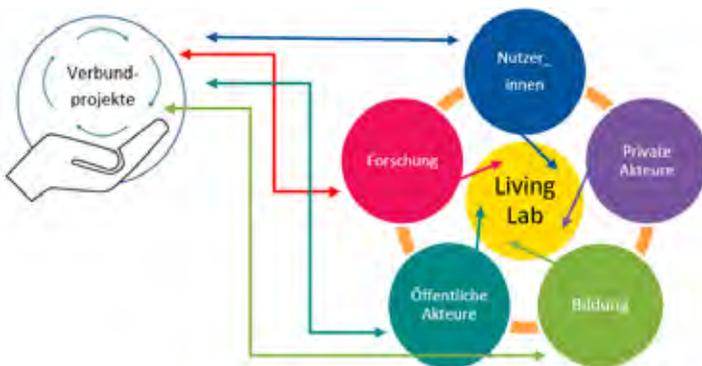


Abbildung 3: Transdisziplinäre Arbeit im Living Labkleidung © HTW Berlin, Projekt Incyc

von biologischen und technischen Kreisläufen in die Produktentwicklung integriert und das Ziel kreislauffähiger Produkte angestrebt werden. Dabei unterstützen Konzepte wie Cradle to Cradle den Anspruch an Nachhaltigkeit. Cradle to Cradle verfolgt die Grundsätze der Eliminierung von Müll, die Nutzung erneuerbarer Energien und der Förderung von Biodiversität und Respekt für Mensch und Umwelt. Mit der Designphilosophie soll die Effektivität von Produkten mit positiven Auswirkungen erhöht und eine Reduzierung der negativen Folgen durch Effizienz erreicht werden.³⁴ Für die intelligente Berufsbekleidung bedeutet dies, dass die Entwicklung neuer Produkte neben Integration der Kunden_innen auch die Zurückführung der Ressourcen in die Kreislaufwirtschaft garantieren müssen. Dazu bedingt es weiterer Forschung recyclingfähiger Elektronik und technischer Textilien.

MODULARER AUFBAU VON TEXTILEN HYBRIDEN

Wearables bieten als körpernaher Begleiter des Alltags die Chance, einen Mehrwert in unterschiedlichen Situationen zu bieten. Während eine technische Lösung im Fahrrad zunächst die Sicherheit in der Fahrradmobilität stärkt, können Wearables auf die Intermodalität der Nutzer_innen reagieren. Für Zustelldienste bedeutet dies, dass der Servicefahrende die Funktionen der Bekleidung nicht nur während des Ausfahrens auf dem Lastenrad einsetzen kann, sondern auch in vor- und nachgelagerten Arbeitsschritten.

Die praktische Umsetzung der Forschungsergebnisse erfolgte in drei Projekten mit Masterstudierenden an der HTW Berlin. Die Bedürfnisse des Fahrradfahrenden wurden dabei in den Fokus der Konzept- und Produktentwicklung gestellt und praxisnahe Lösungsansätze zur Förderung der Fahrradmobilität mit Hilfe von Bekleidung angedacht.

³⁴ Vgl. Braungart und McDonough 2016, S.195.

Das Masterprojekt City Cyclist ist in Zusammenarbeit mit dem Verkehrsclub Deutschland (VCD) entstanden, um das Mobilitätsthema der Zukunft für die Bekleidungswirtschaft greifbar zu gestalten. Im Jahr 2016 wurden interdisziplinär Designs für Fahrradfahrende entwickelt, die es ermöglichen, die gleiche Bekleidung bei der Fahrradfahrt zur Arbeit und bei der Arbeit selbst zu tragen. Die Lösungskonzepte bauen auf dezenten, aber im Dunkeln reflektierenden Drucken, schnittechnischer Bewegungsfreiräume und atmungsaktiver Textilien auf. Durch vielseitige Verschluss- und Saumlösungen, ist es möglich, mit wenigen Handgriffen das Bürooutfit fahrradtauglich zu machen, wie es in Abbildung 4 zu sehen ist.³⁵ Das Projekt hat große mediale Aufmerksamkeit aufgrund seiner Fokussierung auf die Bedürfnisse der Fahrradfahrenden erhalten, die sich (laut Umfrage) im Wunsch nach Erhöhung der Sicherheit, Alltagsauglichkeit und Wetterschutz der Fahrradbekleidung zeigen.³⁶ Die Befragten vermissen Bekleidung, die sie flexibel beim Fahrradfahren und im Büro tragen können. Gleichzeitig wünschen sie sich eine Unterstützung der Körperfunktionen und Sichtbarkeit im Straßenverkehr.³⁷

Fortführend hat die Projektgruppe incyc 2017 textile Produkte mit integrierten digitalen Lösungen entwickelt, die Fahrradfahrende im Straßenverkehr deutlich sichtbarer machen. Es ist ein mobiles Element entstanden, das durch LEDs die Richtung des Fahrradfahrenden anzeigen kann. Zur Ansteuerung sind textile Schalter in Handstulpen verwendet wurden. Das Blinkmodul kann mit Hilfe von Magneten an Jacke und Rucksack befestigt werden, je nachdem, was der Nutzer*in als oberstes trägt (Abb.5).³⁸

³⁵ Vgl. Fuchs 2016 - 2016 und HTW Berlin und VCD 20.07.2016, S.1,2.

³⁶ Vgl. beispielhafte Presseveröffentlichung in Zeit Online 2016, Süddeutsche Zeitung 2016 und Gundler 2017.

³⁷ Vgl. Fuchs 2016 - 2016.

³⁸ Vgl. Fuchs 2017 - 2017.



Abbildung 4: Anpassung der Bürobekleidung zu Fahrradkleidung im Projekt City Cyclist, © HTW Berlin, Camilla Rackelmann

Im Projekt „modular und gut vernetzt - DIGITALE WORKWEAR 2050 - unterwegs auf dem Lastenrad“ haben sich Studierende im Sommersemester 2018 in einem interdisziplinären Team aus Bekleidungstechnikern*innen und Modedesignern*innen mit elektronischen Komponenten in der Berufsbekleidung auseinandergesetzt, die den Arbeitsalltag auf dem Lastenrad im Straßenverkehr erleichtert und sicherer gestaltet. Ergebnis des Projektes ist die Konzeption und prototypi-

sche Umsetzung digitaler Workwear für das Jahr 2050 mit einem modular aufgebauten Baukastensystem für eine anforderungsspezifische Zusammenstellung. Es ist eine Fahrradjacke entstanden, die je nach Anwendungsszenario und Nutzerbedürfnis um digitale Module erweitert werden kann. Dazu wurden u.a. selbstleuchtende Navigationsanzeigen an den Ärmeln und eine Freisprechanlage im Kragen prototypisch umgesetzt. Konzeptionell wurden zukünftige interaktive



Abbildung 5: Modulares Blinkmodul des Projektes InCyc, © HTW Berlin, Nikolas Fahlbusch

Module angedacht, die dazu führen, dass der Fahrradfahrende interaktiv mit seiner Umgebung kommunizieren kann.³⁹

Aus den Studierendenprojekten und der kooperativen Forschung zwischen der HTW und TU Berlin sind erweiterte Module entstanden, die zwei Oberthemen zugeordnet werden können: der „Sicherheit durch Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden“ und der „Optimierung der Arbeitsabläufe auf dem Lastenrad“. Die entstehenden Module werden in Form eines Baukastenprinzips vom Servicefahrenden selbst zusammengestellt und auf seine Bedürfnisse angepasst (vgl. Abb. 7). Als Grundlage dient eine Weste, an die Ärmel mit unterschiedlichen technischen Fähigkeiten angeschlossen werden können. Als Verbindung wird ein leitfähiger Reißverschluss genutzt.

³⁹ Vgl. Fuchs 2018 - 2018.



Abbildung 6: Fahrradjacke für Lieferservice aus dem Projekt Modular und gut vernetzt, © HTW Berlin, Nikolas Fahlbusch



Durch die Integration einer Intelligenz in die austauschbaren Ärmel, entsteht ein modulares System, das auf die Zielgruppe angepasst werden kann. Alle Module müssen so integriert werden, dass sie den Fahrer*in nicht ablenken, sondern die Fahrt auf dem Lastenrad aktiv unterstützen. Viele Module finden daher am unteren Ärmel Anwendung, der bei Fahrpositionierung zum Lenkrad gerichtet ist und so im Blickwinkel des Fahrers*in liegt. Auditive und haptische Signale können durch Lautsprecher im Kragen sowie Vibrationselemente in den Schultern an den Fahrer*in weitergegeben werden.

SICHERHEIT DURCH KOMMUNIKATION MIT ANDEREN VERKEHRSTEILNEHMENDEN

Lösungsansätze für neue Innovationen zur Fahrradsicherheit können die Digitalisierung und der Einsatz von technischen Textilien bieten, um die Kommunikation der Verkehrsteilnehmer_innen untereinander zu fördern. Die Kommunikation zwischen Fahrradfahrenden und anderen Verkehrsteilnehmenden kann unterschiedliche Ausprägungen haben, damit ein Zusammenprall miteinander oder mit der Verkehrsumgebung verhindert wird. Mögliche Anwendungen zeigen sich durch folgende Module:

- Anzeigen von Aktionen durch Lichtsignale, wie z.B. Bremslichter und Blinker

- Bessere Sichtbarkeit durch passives Licht, wie z.B. Reflektoren
- Bessere Sichtbarkeit durch aktives Licht, wie z.B. Elektrolumineszenz Kabel oder LEDs
- Abstandhalter durch passive Sensorik, wie z.B. Radio Frequenz Identifikationssystemen (RFID)
- Abstandhalter durch aktive Sensorik, wie z.B. Bilderkennung
- Kommunikation mit autonomen Fahrzeugen durch aktive Sensorik

Durch die Kopplung der Signale mit weiteren Funktionen wie z.B. Navigationssystemen in der Bekleidung, können interaktive Systeme entstehen, die Informationen über die Route und die Fracht für den Servicefahrenden ersichtlich machen und gleichzeitig allen anderen Verkehrsteilnehmenden mitteilen, wann der Fahrradfahrende abbiegen bzw. bremsen wird.

Neben der Sicherheit im Straßenverkehr soll die Berufsbekleidung die Arbeitssicherheit gewährleisten. Um die Gesundheit des Arbeitnehmers*in zu fördern, können in die Bekleidung gesundheitsunterstützende Systeme integriert werden, die in Form folgender Module umsetzbar sind:

- Automatische Wärmeregulierung: Wärmeelemente zur kalten Jahreszeit,

wie z.B. textile Heizungen oder Phase Change Materials

- Automatische Wärmeregulierung: Kühlungssysteme zu warmen Jahreszeiten, wie z.B. Phase Change Materials
- Korrektur von Fehlhaltung durch Sensoren im Rückenteil der Jacke
- Muskelstimulation durch elektrische Impulse
- Aufprallschutz durch Airbagfunktion

Die Warn- und Unterstützungssysteme mit innovativen Benutzerschnittstellen tragen dazu bei, die Alltagsmobilität auf dem Fahrrad komfortabler, effizienter und sicherer zu gestalten. Bei jeder Innovation ist zu hinterfragen, in welchen Situationen der Nutzer*in im beruflichen Kontext die Zusatzleistung benötigt. Wird beispielsweise eine Abstandswarnung zu andere Verkehrsteilnehmenden nur zur Zeit des Fahrens benötigt, reicht die Integration der Sicherheitssysteme im Fahrrad selbst aus.

INTEGRIERTE, VERNETZTE INTELLIGENZ ZUR OPTIMIERUNG DER ARBEITS- ABLÄUFE AUF DEM LASTENRAD

Um die Arbeit auf dem Lastenrad sicher und schnell im Straßenverkehr zu gestalten, kann intelligente Berufsbekleidung die Navigation und Routenplanung für den Fahrradfahren vereinfacht darstellen. Statt eines mitgeführten Endgerätes am Lenkrad können visuelle, minimalistisch ausgeführte Signale im Sichtfeld, haptische Signale am Körper oder auditive Signale in Kopfhöhe das notwendige Abbiegen angeben.

- Richtungsweisung über Lichtsignale am Ärmel
- Richtungsweisung über Vibratoren an der Schulter
- Richtungsweisung über Lautsprechersignale im Kragen
- Angepasste Routen nach fahrradfreundlichen Strecken und Wettervorhersagen
- Automatisches Abschließen und Diebstahlsicherung über Abstandssensoren

Der Arbeitsalltag für Lieferdienste wird vereinfacht, sobald ein Paradigmenwechsel vom klassischen, monothematischen elektronischen Handgerät hin zu einem Bekleidungsprodukt mit integrierter, vernetzter Intelligenz stattfindet. Alle Informationen zur Route, Fracht und zum Empfänger*in können an einem flexiblen Display abgelesen werden und mit Hilfe eines Scanners kann das System mit Informationen zum Paket gespeist werden. Weitere Anwendungsfelder zeigen sich durch integrierte Sprachsteuerung und Verbindung zum Mobilfunk. Beispiele dafür sind folgende Anwendungen:

- Integrierter Scanner im Ärmel
- Verbindung mit Mobilfunk: Sprachsteuerung durch Freisprechanlage im Kragen und Anrufanzeige am Ärmel
- Informationen zur Auslieferung auf flexiblem Display am Jackenärmel

AUSBLICK FÜR DIE E-MOBILITÄT

Das Potenzial intelligenter Berufsbekleidung zur Förderung eines veränderten Mobilitätsverhaltens ist als hoch einzuschätzen, da die Sicherheit im Straßenverkehr gewährleistet und die Arbeitsabläufe optimiert werden können. Die Möglichkeiten sind dabei weitläufig, da die Berufsbekleidung immer am Körper getragen wird und als ständiger Begleiter fungiert. Um Digitalisierungsansätze einzusetzen, die den Arbeitsalltag vereinfachen und die Bedürfnisse der beruflichen Nutzer*innen zu befriedigen, ist eine partizipative Produktentwicklung notwendig. Die Teilhabe am Innovationsprozess erzeugt eine Akzeptanz bei den Träger*innen, die unabdingbar für die Nutzung der Produkte ist. Nur so kann gewährleistet werden, dass nachhaltige Produkte entstehen, die durch ihren alltagsfördernden Einsatz einen langen Produktlebenszyklus haben und mit endlichen Ressourcen verantwortungsbewusst umgehen.

Zur Veränderung des Mobilitätsverhaltens im betrieblichen Kontext müssen die Gründe für die Wahl des Verkehrsmittels aus Sicht

des Unternehmens verstanden werden. Für Paketdienstzusteller sind das Gewicht der Fracht und die Sicherheit der Mitarbeitenden Gründe dafür, warum ein Auto zur Auslieferung gewählt wird. Aufgrund schwerer Lasten werden auch Lastenräder in Zukunft keine Frachten in der B2B Logistik transportieren. Hingegen geht mit den Megatrends der Urbanität und des Onlinehandels einher, dass das Ausliefern von individuellen Paketen in engen Straßen mit Lkws und Pkws zunehmend schwieriger wird. Die Problematik des eingeschränkten Raumes wird nicht durch Automobile mit Elektromotor behoben. Es werden Konzepte benötigt, in denen kleinere Fahrzeuge Pakete bis vor die Haustür bringen können. Für Lieferservices im B2C-Bereich bietet sich das Lastenrad zu Auslieferung in den Gebieten an, wo eine hohe Paket- und Besiedlungsstruktur auf engem Raum vorzufinden ist. Ein Umschlagplatz, auf dem jeder Paketdienst morgens einen Laster mit Paketen in die Container umlädt, ist notwendig, damit sich daraus die Fahrradkurier bedienen und in einem Umkreis von zwei bis drei Kilometern ausliefern können. Wie die Anwendungsmöglichkeiten zeigen, können tragbare, digitale Lösungen Arbeitsabläufe auf dem Lastenrad vereinfachen und die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen.

Gleichzeitig zeigt sich in dem transdisziplinären Themenfeld der intelligenten Berufsbekleidung die notwendige Beantwortung tiefgreifender Forschungsfragen. Vor Implementierung eines interaktiven Systems im Straßenverkehr ist eine Technikfolgeabschätzung durchzuführen und darauf aufbauend die Datenschutzbestimmungen anzupassen sowie internationale Standards anzustreben. Ziel jeder Innovation muss es sein, die digitale Souveränität des Individuums zu gewährleisten. Um im Verkehr als Schutzbekleidung auf dem Fahrrad anerkannt zu werden, bedingt es einer Auseinandersetzung mit verkehrspolitischen Themen und der Möglichkeit eines interaktiven Gesamtsystems im öffentlichen

Raum. Neben dieser strukturellen Veränderung müssen zur Implementierung des vorgestellten Gesamtsystems die Bekleidungs-wirtschaft, die Logistik, die Automobilbranche und die Verkehrsplanung zusammen an einer Lösung arbeiten und durch entsprechende Zusatznutzen an einer Weiterentwicklung digitaler Bekleidung in der Nutzungsphase interessiert sein. Für die internationale Positionierung zukünftiger, autonomer Verkehrsmittel ist eine Sicherung aller Verkehrsteilnehmenden unabdingbar. Mit Konzepten, die den Verkehr nicht nur aus Sicht des Autos, sondern ganzheitlich betrachten, kann sich die deutsche Automobilindustrie neu auf dem Weltmarkt positionieren.

Die Erarbeitung inkludierender Produktionskonzepte von Elektronik und Textilien ist notwendig, da durch die Produktion von Hybriden aus Technik und Bekleidung unterschiedliche Produktionswege gemeinsam angedacht und methodisch verknüpft werden. Durch den Ansatz der kundenintegrierenden Produktentwicklung entstehen Produkte mit einem verlängerten Produktlebenszyklus. Es bleiben jedoch weiterhin grundlegende Forschungsfragen zu beantworten, um das Ziel einer nachhaltigen Produktentwicklung zu erreichen: In Bezug auf die verbaute Elektronik ist zu gewährleisten, dass die Produkte auch in der Industrewäsche zu pflegen sind, damit sie einer Anwendung im beruflichen Kontext standhalten. Während die Leiterbahnen und einzelnen Bauteile wie LEDs und Heizsysteme bereits waschbar sind, scheidet die Markteinführung waschfähiger Wearables bis heute an der Stromversorgung. Weitere Probleme zeigen sich im sortenreinen Recycling, welches bei technischen Textilien mit integrierter sensibler Technik nicht möglich ist. Nur nachhaltige Konzepte können zu langfristigen Erfolg führen.

Die Sicherheit von Fahrradfahrenden und Effizienz bei der Auslieferungstätigkeit kann durch digitalisierte und digital vernetzte Bekleidung gewährleistet werden. Daraus

ergibt sich eine Förderung der Fahrradmobilität, die zum gesellschaftlichen Nutzen beiträgt, die Städte von Autoverkehr entlastet und lebenswerte urbane Räume schafft.

LITERATURVERZEICHNIS

Böger, Astrid; Hartmann, Wolf-Dieter (2007): Mode und High-Tech. Anziehbare Computer erobern den Laufsteg. 1. Aufl. Hamburg: Merus-Verl. Online verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2962832&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm.

Braungart, Michael; McDonough, William (2016): Cradle to Cradle. Einfach intelligent produzieren. Unter Mitarbeit von Karin Schuler und Ursula Pesch. Ungekürzte Taschenbuchausgabe, 4. Auflage. München, Berlin, Zürich: Piper.

Bundesagentur für Arbeit (2019): Servicefahrer/in. Steckbrief zum Berufsbild. Hg. v. BERUFENET. Online verfügbar unter <https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/33360.pdf>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (04.12.1996): Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit. (PSABenutzungsverordnung - PSA-BV), vom PSA-Benutzungsverordnung vom 04.12.1996 (BGBl. I S. 1841).

Bütow, Christian (2019): OUTFITS FÜR MARKENBOTSCHAFTER. Unter Mitarbeit von Marius Paul. Hg. v. DRESSCUE GmbH. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.dresscue.de/corporatefashion/markenbotschafter/>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Determann, Anna (2015): Corporate Fashion Kollektionen von Verkehrs- und Dienstleistungsunternehmen. Case Study eines Design- und Produktentwicklungskonzeptes. 7. HTW-Symposium: Berufsbekleidung - Eine innovative Branche im Wandel. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, 06.11.2015.

Deutscher Bundestag (31.08.2015): Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz). ArbSchG, vom BGBl. I S. 1474. Online verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/arbSchg/index.html>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Dienel, Hans-Liudger; Schiefelbusch, Martin; Bodensteiner, Christian (Hg.) (2009): Kundeninteressen im öffentlichen Verkehr. Verbraucherschutz und Verbraucherbeteiligung. Berlin: Schmidt (Schriftenreihe für Verkehr und Technik, 96).

Dienel, Hans-Liudger; Peine, Alexander; Cameron, Heather (2004): New Participative Tools in Product Development for Seniors. In: Sunkyo Kwon, David C. Burdick (Hg.): Gerontechnology: Research and Practice in Technology and Ageing. A Textbook and Reference for Multiple Disciplines. New York: Springer, 224-238, 226.

CEN/TR 16298, 2011: DIN CEN/TR 16298:2011 - Textilien und textile Produkte - Intelligente Textilien - Definitionen, Klassifizierung, Anwendungen und Normungsbedarf.

European Institutes of Technology EIT Digital (Hg.) (2015): Flash Poll. Mobile Participation. TU Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre (TUB), Nexus - Institut für Kooperationsmanagement und interdisziplinäre Forschung. Online verfügbar unter <http://www.flashpoll.eu/> und <http://www.nexusinstitut.de/de/arbeits-forschungsbereiche/mobilitaetaeraum-demografie/38-laufende-projekte/498-flash-poll-tool>, zuletzt geprüft am 30.09.2017.

Fuchs, Monika (2014): Mass Customization und Open Innovation. Anwendung und Bedeutung in Unternehmen der deutschen Bekleidungswirtschaft. OPUS. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin.

Fuchs, Monika (2016 - 2016): CityCyclist - Design und technische Entwicklungen von Ausstattung (Bekleidung/Accessoires) für Fahrrad/ Fahrradfahrer_innen zur Förderung der Fahrrad Mobilität. Textilphysikalische Analysen von Materialien, die den Anforderungen nach Nachhaltigkeit und Recyclingfähigkeit entsprechen. Masterprojekt im Studiengang Bekleidungstechnik/Konfektion. HTW Berlin. Online verfügbar unter <https://www.htw-berlin.de/forschung/online-forschungskatalog/projekte/projekt/?eid=2295>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Fuchs, Monika (2017 - 2017): Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr durch Digitalisierung von Radbekleidung (Incy). Masterprojekt im Studiengang Bekleidungstechnik/Konfektion. HTW Berlin. Online verfügbar unter <http://www.htw-berlin.de/forschung/online-forschungskatalog/projekte/projekt/?eid=2454>, zuletzt geprüft am 03.10.2017.

Fuchs, Monika (2018 - 2018): Digitale Workwear 2050 für Berufsgruppen im Straßenverkehr - modular und gut vernetzt unterwegs auf dem Lastenrad. Masterprojekt im Studiengang Bekleidungstechnik/Konfektion. HTW Berlin. Online verfügbar unter <https://www.htw-berlin.de/forschung/online-forschungskatalog/projekte/projekt/?eid=2643>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V (2018): Mode und Bekleidung. Mode ist mehr. Berlin, Reinhardtstr. 14 - 16, 10117 Berlin. Online verfügbar unter <https://www.textil-mode.de/branche/mode-bekleidung>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Gläß, Rainer; Leukert, Bernd (Hg.) (2017): Handel 4.0. Die Digitalisierung des Handels - Strategien, Technologien, Transformation. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-53332-1>.

Greenpeace e.V. (2015): Neue Mobilität im urbanen Raum. Die Zukunft der Mobilität. Unter Mitarbeit von Daniel Moser und Anja Ueck. Hg. v. Greenpeace e.V. Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg. Online verfügbar unter https://www.wuppertal.greenpeace.de/sites/www.wuppertal.greenpeace.de/files/neue_mobilitaet_im_urbanen_raum.pdf, zuletzt aktualisiert am 12/2015, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Gundler, Bettina (2017): Balanceakte. 200 Jahre Radfahren. 1. Auflage. München: Deutsches Museum.

HTW Berlin und VCD (20.07.2016): Businessmode für Radfahrerinnen - sicher und schick. VCD und Modeunternehmen Bleed unterstützen Studierende der HTW Berlin bei Designprojekt „City Cyclists“. Berlin. Smetanin, Anja. Online verfügbar unter https://www.htw-berlin.de/files/Presse/Pressemittellungen/2016/Gemeinsame_PM_Businessmode_fuers_Rad_VCD_und_HTW.pdf, zuletzt geprüft am 03.10.2017.

IFH Köln GmbH (15.11.2018): Onlinehandel wächst weiter. IFH Köln prognostiziert 63 Milliarden Euro Umsatz für 2018. Köln. Günther, Melanie. Online verfügbar unter <https://www.ifhkoeln.de/pressemitteilungen/details/onlinehandel-waechst-weiter-ifh-koeln-prognostiziert-63-milliarden-euro-umsatz-fuer-2018/>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Kern, Jana; Vogt, Alex (2016): Future. Fashion. Economics. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag.

Knaut, Matthias (Hg.) (2016): Digitalisierung: Menschen zählen. Beiträge und Positionen 2016. BWV Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH. Produktionschluss August 2016. Berlin: BWV - Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH (Beiträge und Positionen der HTW Berlin, Band 6).

Knöchel, Meike; North, Klaus (2018): Kundeneinbindung im Innovationsprozess - Methoden. Wiesbaden: Springer Gabler (essentials). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-20411-2>.

Lamkin, Paul (2017): Wearable. Tech for your connected self. Unter Mitarbeit von James Stables, Michael Sawh und Sophie Charara. Hg. v. Wearable Ltd. London. Online verfügbar unter <https://www.wearable.com/>, zuletzt geprüft am 03.10.2017.

Lukowicz (05.07.2017): Fashion Tech. Future Technologies. Interview mit Leiter des neuen Forschungsbereiches „Eingebettete Intelligenz“ am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI). Berlin.

McKinsey Berlin (2016): Wachstumsfeld urbane Mobilität.. Wie Berlin wirtschaftlich profitieren kann. Unter Mitarbeit von Andreas Venus, Andreas Tschiesner, Andreas Zielke, Nicolai Müller und Stefan Knapfer. Hg. v. McKinsey Berlin. Online verfügbar unter https://www.mckinsey.com/de/~ /media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Deutschland/News/Presse/2016/2016-03-16/2016_mckinsey_ubane_mobilitaet.aspx, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Ratto, Matt (2011): Critical Making. Conceptual and Material Studies in Technology and Social Life. In: The Information Society 27 (4), S. 252-260. DOI: 10.1080/01972243.2011.583819.

Schot, Johan; Rip, Arie: The Past and Future of Constructive Technology Assessment. 1997. In: Technological Forecasting and Social Change, Bd. 54, S. 251-268. Online verfügbar unter https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/6685482/the_past_and_future.pdf, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018): Verkehrsunfälle 2017. Kraftrad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr (5462408-17700-4). Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/UnfaelleZweirad5462408177004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Süddeutsche Zeitung (2016): Studentinnen entwickeln Fahrrad-Mode der Zukunft. In: Süddeutsche, 21.07.2016.

Tagesschau (Hg.) (2018): Lastenrad statt Laster. Paketzustellung in Berlin. Unter Mitarbeit von Alex Krämer. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/lastenraeder-paket-zustellung-101.html>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Tihon, Laura (2017): Gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber Radio Frequenz Identifikationssystemen zur Automatisierung des Wäschepflegeprozesses. Masterthesis. HTW Berlin, Berlin.

Umweltbundesamt (19.10.2018): Umweltbelastung durch Verkehr. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/umweltbelastungen-durch-verkehr#textpart-4>, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

World Health Organisation (2000): Transport, environment and health. WHO Regional Publications, European Series, No.89. Unter Mitarbeit von Regional Office for Europe. Kopenhagen. Online verfügbar unter http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/87573/E72015.pdf, zuletzt geprüft am 06.01.2019.

Zeit Online (2016): Studentinnen entwickeln Fahrrad-Mode der Zukunft, 21.07.2016. Online verfügbar unter <http://www.zeit.de/news/2016-07/21/szene-studentinnen-entwickeln-fahrrad-mode-der-zukunft-21094005>, zuletzt geprüft am 03.10.2017.

**LEITPLANKEN
DIGITALER TRANSFORMATIONEN**

DER ROHSTOFFHUNGER DER ENERGIE- UND MOBILITÄTSWENDE - FOLGEN, REGELUNGEN UND ALTERNATIVEN

Michael Reckordt

PowerShift - Verein für eine ökologisch-solidarische Energie- & Weltwirtschaft e.V.

Seit einigen Jahren sprechen Wirtschaft, Politik und Forschungsinstitute über die vierte Welle der industriellen Revolution. Im angelsächsischen Raum wird vom „Internet of Things“ (IoT) gesprochen, in Deutschland firmiert die Digitalisierung der Fertigung und des Vertriebs unter dem Begriff „Industrie 4.0“. Für den Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) ist Industrie 4.0 ein radikaler Strukturwandel: „Neue Daten, Vernetzung, Automatisierung und die digitale Kundenschnittstelle sprengen bestehende Wertschöpfungsketten“.¹ Industrie 4.0 sei die Neukonfigurierung des globalen Produktionssystems oder gar eine „Reindustrialisierung“. Doch nicht nur die Fertigung wird digitalisiert. Auch die Mobilität, die Landwirtschaft, der Bergbau, die Dienstleistungen sowie unsere Häuser, Wohnungen und Städte werden „smart“, vernetzt und digital miteinander verbunden. Viele dieser Prozesse sind (scheinbare) Antworten auf große Herausforderungen, wie den Klimawandel, die Globalisierung, das Artensterben, den Flächenverbrauch, das Bevölkerungswachstum, die Entwaldung oder die veränderten geopolitischen Machtverhältnisse. Doch bei fast allen technologischen Lösungsmodellen wird ein wichtiger Faktor kaum mitgedacht: eine notwendige Rohstoffwende. Denn in fast allen Bereichen der Digitalisierung ist der massive Anstieg des Verbrauchs von metallischen Rohstoffen integraler Bestandteil zur Lösung anderer Probleme.

Die Versprechungen der Digitalisierung weisen dabei große Ähnlichkeiten und Überschneidungen mit den Zukunftserwartungen der grünen Ökonomie auf. „Mit mehr technologischer Innovation schaffen wir die Effizienzrevolution und die Entkopplung der

Wirtschaftsleistung vom Energie und Materialverbrauch“, fassen Thomas Fatheuer, Lili Fuhr und Barbara Unmüßig von der Heinrich-Böll-Stiftung in ihrer „Kritik der Grünen Ökonomie“ die Ziele der selbigen zusammen.² Beiden Diskussionen kann eine Technologiegläubigkeit unterstellt werden, die blind sei „für Fragen der Macht und Politik und für Fragen von Gerechtigkeit und Demokratie“. Auf die Digitalisierung, Elektromobilität und erneuerbare Energien übertragen, ist eine Versprechung durch Ressourceneffizienz eine Dematerialisierung zu erreichen. Doch statt einer Reduzierung des Stofflichen schaffen die Digitalisierung, die Mobilitätswende, die Energiewende spezifische und zum Teil neue Rohstoffbedarfe. Dies ist sozusagen die Schattenseite, die in der öffentlichen Debatte kaum beleuchtet wird.

Während also der öffentliche Diskurs von Dematerialisierung, unkomplizierten Ausstieg aus fossilen Brennstoffen und Antriebstechnologien ausgeht, werden von Industrieverbänden diese Veränderungen schon längst dazu genutzt, um ein Weiter-So in der Industrie- und vor allem der Rohstoffpolitik durchzusetzen. Das beweist zum Beispiel ein Blick in das aktuelle Forderungspapier des BDI mit dem Namen „Rohstoffversorgung 4.0“: „Ohne Rohstoffe keine Energiewende, keine Elektromobilität, keine Digitalisierung, schlussendlich keine Industrie 4.0“.³ Hier wird fernab von hohen Umweltschutzstandards, fernab von verpflichtenden Recyclingquoten, fernab vom Schutz von Menschen- und Arbeitsrechten rein aus der Angst, die Versorgungssicherheit der deutschen Industrie argumentiert. Ein angstgetriebener Diskurs, der einzig und allein die Sicherung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit zum Ziel hat und dazu auch nicht zurückschreckt, Rohstoffe aus der nahezu unerforschten Tiefsee oder aus dem Weltall zu nutzen.

¹ BDI: Die digitale Transformation der Industrie, online unter: https://bdi.eu/media/user_upload/Digitale_Transformation.pdf

² Fatheuer et. al 2015

³ BDI (2017): Rohstoffversorgung 4.0; online unter: <https://bdi.eu/publikation/news/rohstoffversorgung-40/>

ROHSTOFFBEDARFE

Seit 1953 zählt Deutschland jedes Jahr zu den drei größten globalen Exportnationen. Von 2003 bis 2008 schmückte sich Deutschland gar mit dem Titel des Exportweltmeisters, da kein anderes Land der Welt in diesem Zeitraum einen höheren Warenwert ausführte. Deutsche Unternehmen verkaufen Automobile, Maschinen, Chemie-Erzeugnisse oder elektronische Güter ins Ausland. Für deren Produktion müssen Rohstoffe importiert werden. Jede zehnte auf der Welt geförderte Tonne Erz überschreitet die deutschen Grenzen. Die deutsche Industrie ist somit einer der größten Rohstoffverbraucher der Welt und fast zu 100 Prozent abhängig vom Import von Primärmetallen, da in Deutschland selbst nur sehr wenige erzhaltige Lagerstätten existieren, die ökonomisch sinnvoll ausgebeutet werden können. Laut Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe wurden im Jahr 2016 22,3 Millionen Tonnen Metalle in einem Wert von mehr als 46 Milliarden Euro importiert. Insgesamt sind die Rohstoffeinfuhren von fossilen, mineralischen und metallischen Rohstoffen in den letzten zehn Jahren auf über 400 Millionen Tonnen angestiegen. 16,2 Tonnen verbraucht jede Deutsche und jeder Deutsche pro Jahr an Rohstoffen (inklusive fossilen und mineralischen Rohstoffen, die in diesem Artikel ansonsten nicht thematisiert werden), ein Vielfaches von einem global tragbaren Verbrauch.⁴ Zwei Planeten bräuchten wir eigentlich, wenn alle Menschen so viele Rohstoffe verbrauchen würden. Da Metalle so zentral sind für die deutsche Wirtschaft, sind diese Rohstoffe längst zum Gegenstand harter Politikfelder wie der Außen-, Wirtschafts-, Sicherheits- oder Handelspolitik geworden. In diesen Politikfeldern dominiert die Versorgungssicherheit die rohstoffpolitischen Diskurse.⁵

⁴ UBA: Die Nutzung natürlicher Ressourcen - Bericht für Deutschland 2016

⁵ BGR (2017): Deutschland - Rohstoffsituation 2016; https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Im Jahr 2016 veröffentlichte die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung eine Studie mit dem Titel: „Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016“.⁶ In ihr wurden über 42 Zukunftstechnologien auf ihre Rohstoffbedarfe und Recyclingpotenziale untersucht. Zu diesen Technologien zählen sowohl jene, die die Effizienz in bestehenden Systemen (zum Beispiel konventionelle Kraftwerkstechnologie) steigern, als auch neue Technologie-Systeme (zum Beispiel zur Erzeugung alternativer Energie). Ohne jetzt die Potenziale der ausgewählten Zukunftstechnologien im Detail einzuschätzen und ohne die schon heute genutzten Technologien miteinzubeziehen, verdeutlicht die Studie doch einen beängstigenden Trend: Alleine für diese 42 Technologien, so schätzen DERA und Fraunhofer ISI, wird bis 2035 das Vierfache der heutigen Produktion an Lithium, das Dreifache an Schweren Seltenen Erden (Dysprosium, Terbium, Yttrium und sechs weitere) sowie das Anderthalbfache an Leichten Seltenen Erden (Neodym, Praseodym, Scandium und fünf weitere) und Tantal benötigt. Bei 16 Rohstoffen ergibt sich daraus eine besondere Relevanz für den zukünftigen Bedarf: Gallium, Germanium, Indium, Kobalt, Kupfer, Lithium, Palladium, Platin, Rhenium, Scandium, leichte Seltenerdmetalle (Neodym und Praseodym), schwere Seltenerdmetalle (Dysprosium und Terbium), Silber, Tantal, Titan und Zinn.⁷

⁶ Online unter: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2016/Studie_Zukunftstechnologien-2016.pdf

⁷ Vgl.: Groneweg, M., Pilgrim, H., und Reckordt, M. (2017): Diesseits der Dematerialisierung. PROKLA. Zeitschrift Für Kritische Sozialwissenschaft, 47 (189), 623 - 633. <https://doi.org/10.32387/prokla.v47i189.60> - sowie: Groneweg, Pilgrim, Reckordt (2017): Ressourcenfluch 4.0; online: <https://power-shift.de/wp-content/uploads/2017/02/Ressourcenfluch-40-rohstoffe-menschenrechte-und-industrie-40.pdf>

Dazu kommen noch weitere Bedarfe, zum Beispiel in den Bereichen erneuerbare Energien oder Elektrifizierung der Mobilität. Die Schweizer UBS-Bank hat untersuchen lassen, wie sich der Rohstoffbedarf verändern würde, wenn man die heutige globale Produktion der Automobilindustrie so verändern würde, dass alle produzierten Autos elektrisch betrieben wären. Der Verbrauch von Lithium würde um 2.898 Prozent ansteigen, der von Kobalt um 1.928 Prozent und selbst der Verbrauch von Seltenen Erden (655 Prozent), Graphit (524 Prozent) und Nickel (105 Prozent) wäre dramatisch.⁸ Der deutsche Think Tank Agora Verkehrswende hat zusammen mit dem Öko-Institut eine Studie veröffentlicht, in dem sie davon ausgehen, dass im Jahr 2030 für die Elektromobilität 260.000 Tonnen Kobalt, 160.000 Tonnen Lithium, 830.000 Tonnen Nickel und 1,4 Millionen Tonnen Graphit benötigt werden.⁹

Die Veränderung bei der Bedeutung einzelner Rohstoffe kann in naher Zukunft also gewaltig sein. Dies hat wiederum auch Auswirkungen auf die stofflichen Ströme. Bei vielen Rohstoffen, wie zum Beispiel Germanium, Indium oder den Seltenen Erden ist China nahezu alleine für die globale Raffinade bedeutsam. Auch für Kobalt (mit der DR Kongo), Kupfer (mit Chile und Peru), Lithium (mit Australien), Silber (mit Mexiko und Peru) oder Zinn (mit Indonesien) spielt China mit wenigen anderen Staaten eine herausragende Rolle. Sehr schnell wird ersichtlich, dass Schwellenländer und Staaten des Globalen Südens eine herausragende Rolle spielen. Von den Staaten des globalen Nordens sind es nahezu nur Kanada und Australien, die diese Rohstoffe in nennenswerten Mengen abbauen. Lithiumvorkommen in Sachsen oder Kobaltabbau in Finnland spielen

dabei, wie Rohstofflagerstätten in der Europäischen Union, generell eine eher unbedeutende Rolle.

NEGATIVE AUSWIRKUNGEN DES ROHSTOFFABBAUS

Vertreter*innen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) schätzen, dass 40 Prozent aller globalen Konflikte in den letzten 60 Jahren mit dem Abbau von Rohstoffen in Verbindung stehen. Allein 98 Konflikte im Jahr 2016, so berichtet das Heidelberg Institut für Internationale Konfliktforschung, hatten einen Bezug zu Wasser, Metallen und Mineralien oder zu anbaufähigem Land. 67 Prozent dieser Konflikte beinhalten gewalttätige Auseinandersetzungen, darunter neun Kriege. Konflikte mit Rohstoffbezug, so das Institut weiter, tendieren dazu, gewaltsamer zu werden. Doch nicht nur auf zwischenstaatlicher Ebene treten Konflikte auf. Zivilgesellschaftliches Engagement wird immer stärker eingeschränkt. Aktive Bergbaueegner*innen werden immer öfter eingeschüchtert, bedroht oder ermordet.¹⁰ Im Jahr 2017 wurden nach Angaben der britischen Nichtregierungsorganisation (NGO) Global Witness 207 Umweltaktivist*innen aufgrund ihrer Arbeit umgebracht, viele von ihnen hatten sich gegen die Ausbeutung von Rohstoffen gewehrt. Besonders betroffen waren Aktivist*innen in den Ländern Brasilien (57 dokumentierte Opfer), den Philippinen (48), Kolumbien (24), Mexiko (15), der Demokratischen Republik Kongo (13) Indien (11), Peru (8), Honduras (5), Nicaragua (4), Guatemala (3) sowie Argentinien, Dominikanische Republik, Kenia, Myanmar, Pakistan, Spanien und der Türkei (jeweils zwei Opfer). Unter den Ermordeten sind häufig auch Mitglieder indigener Gemeinschaften.¹¹

⁸ UBS (2017): UBS Evidence Lab Electric Car Teardown - Disruption Ahead?; <https://neo.ubs.com/shared/dtwtkuDIEbYPJf/>

⁹ Online: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Nachhaltige_Rohstoffversorgung_Elektromobilitaet/Agora_Verkehrswende_Synthesepapier_WEB.pdf

¹⁰ Vgl.: Reckordt, Michael: Hartes Gestein - weiche Regeln; In: Becker, Britta, Maren Grimm und Jakob Krameritsch: Zum Beispiel BASF - Über Konzernmacht und Menschenrechte. Mandelbaum Verlag 2018.

¹¹ Global Witness: Global Witness: At what Cost? - Irresponsible business and the murder of land and environmental defenders in 2017, London 2018. Online verfügbar.

Die Max-Planck-Stiftung hat im Auftrag der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) eine Studie zu den menschenrechtlichen Risiken des Bergbaus veröffentlicht.¹² Diese umfasst Beispiele für Rechtsverletzungen und Umweltzerstörungen in den verschiedenen Stadien des Bergbaus: Lizenzvergabe und Exploration, Bau der Mine, Betrieb und Abbau sowie Schließung der Mine. Ebenso haben lokal betroffene Gruppen, Organisationen der internationalen Zivilgesellschaft, kritische Journalist*innen und Politiker*innen in den letzten Jahren geholfen, Proteste und Gewalt zu dokumentieren. Ein daraus resultierendes Projekt ist der „Environmental Justice Atlas“, eine von Wissenschaftler*innen und Aktivist*innen initiierte und gepflegte Internetseite, auf der weltweite Verstöße gegen Umweltauflagen und Menschenrechte zusammengetragen und verzeichnet werden.¹³

In den meisten Fällen bestehen direkte oder indirekte Verbindungen zwischen den rohstoffabbauenden und -fördernden Ländern im globalen Süden und den besonders ressourcenbedürftigen Ländern des globalen Nordens, sei es über Finanzierung, Projektträgerschaften, Lieferketten, die Beteiligung an Logistik und Durchführung sowie durch den Export von Maschinen, Equipment und Know-how. Die globale Vernetzung kritischer Akteure aus lokaler und internationaler Zivilgesellschaft spielt demnach eine zunehmend wichtige Rolle. Monitoring, Dokumentation und Zugang zu Information sind oft hilfreich und ausschlaggebend für den Erfolg von lokalen Protesten.¹⁴

Die negativen Auswirkungen im Bergbau sind immer häufiger Gegenstand von Berichten und Dokumentationen. So hat die WirtschaftsWoche im Jahr 2017 viel Aufmerksamkeit für ihre Multimedia-Recherche zu Rohstoffen für die Elektromobilität bekommen.¹⁵ In ihr sind sie den Rohstoffen Cobalt, Platin, Graphit, Eisen und Kupfer zu ihren Herkunftsorten gefolgt. Doch auch schon das ZDF hat mit seinem Dokumentationsformat Zoom im Jahr 2015 auf Missstände beim Kupferabbau in Peru hingewiesen.¹⁶ Die Ermordung von Journalist*innen, Gewerkschafter*innen oder Mitglieder indigener Gemeinschaften ist in den letzten Jahren ausführlich dokumentiert worden.¹⁷ Der Rohstoffabbau spielt häufig eine zentrale Rolle bei Rechtsverletzungen, die unmittelbar Verantwortlichen sind Unternehmensvertreter*innen, Sicherheitskräfte sowie staatliche Polizei- und Armeeeinheiten. Darüber hinaus gibt es regelmäßige Berichte über die Einschüchterung von politisch oder zivilgesellschaftlich engagierten durch (Todes-)Drohungen¹⁸ oder konstruierte Anklagen.¹⁹ So drohen viele lokale

¹⁵ WirtschaftsWoche: Für Dein Auto; Online unter: <http://tool.wiwo.de/wiwoapp/3d/storyflow/102017/fuerdeinauto/index.html>

¹⁶ ZDF Zoom: <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfzoom/minenabbau-in-peru-100.html>

¹⁷ Vgl. hierzu Michael Reckordt: Gold, Guns and Goons - Menschenrechtsverletzungen und Gewalt im Kontext von Bergbau. In: Lilli Breining/Michael Reckordt (Hg.): Rohstoffrausch - Die Auswirkungen von Bergbau in den Philippinen, Philippinenbüro e.V., Essen, S. 101; Urgewald: Bitter Coal - Ein Dossier über Deutschlands Steinkohleimporte, Sassenberg 2013. S. 15. Online verfügbar; Aktionsbündnis Menschenrechte Philippinen: Human Rights Report Philippines, Köln 2017. Online verfügbar.

¹⁸ Vgl. Human Rights Watch: Azerbaijan: Transparency Group Should Suspend Membership - Stifling Pressure on Activists Violates Commitments, 14.8.2014. Online verfügbar.

¹⁹ Der AK Rohstoffe hat sich sowohl für die Rücknahme der Anklage gegen den Umweltaktivisten Beejin Khastumur in der Mongolei als auch für die Freilassung von Djeralar Miankeol im Tschad eingesetzt. Vgl. hierzu Michael Reckordt: Rohstofffreitum in der Mongolei, 13.10.2016. Online verfügbar. Und: AK Rohstoffe: Menschenrechtsaktivist im Tschad zu zwei Jahren Haft verurteilt, 14.7.2015. Online verfügbar. Die Anklage gegen Khastumur wurde im Sommer 2016 fallengelassen, Miankeol im Juli 2015 freigelas-

¹² Max Planck Foundation: Human Rights Risks in Mining - A Baseline Study, Heidelberg 2016. Online verfügbar.

¹³ Ejlott: Environmental Justice Atlas, 2017, unter: <http://ej-atlas.org/>.

¹⁴ Vgl. Reckordt, Michael: Hartes Gestein & weiche Regeln; In: Becker, Britta, Maren Grimm und Jakob Krameritsch: Zum Beispiel BASF & Über Konzernmacht und Menschenrechte. Mandelbaum Verlag 2018.

Gemeinschaften durch Minenprojekte, aber auch durch exzessiven Holzeinschlag oder die Ausweitung von Plantagen und Monokulturen ihre Lebensgrundlagen und Trinkwasserquellen zu verlieren.²⁰ Häufig lösen gebrochene Versprechen von Bergbaukonzernen an die lokale Bevölkerung - wie adäquate Wohnungen, eine Anhebung des Lebensstandards, Schaffung von Arbeitsplätzen oder die Einhaltung von Umweltschutzmaßnahmen - in Verbindung mit unterlassenen oder schlicht falschen Informationen über die Auswirkungen des Abbaus unter diesen großen Enttäuschung und Proteste aus. Viele der ökologischen Risiken - zum Beispiel Emissionen von Wasser, Land und Luft - haben häufig direkte Auswirkungen auf die Gesundheit der im Bergbau Arbeitenden, aber auch auf die Lebenssituation und Nahrungsmittelversorgung der Menschen in den umliegenden Gemeinden von Minenprojekten. Diese nur schlaglichtartige Zusammenstellung zeigt, dass auf unterschiedlichen Ebenen und mit unterschiedlicher Intensität Menschenrechtsaktivist*innen, wehrhafte lokale Gemeinschaften und diejenigen, die kritisch über Rechtsverstöße von Konzernen und staatlichen Stellen berichten, ihre Gesundheit und ihr Leben aufs Spiel setzen.

Immer wieder werden negative Auswirkungen des Rohstoffabbaus auch mit unseren Konsum- und Produktionsweisen in Verbindung gebracht. Eine Studie von Amnesty International über Kinderarbeit in der Demokratischen Republik Kongo hat dafür gesorgt, dass die deutsche Autoindustrie ihre Lieferketten viel stärker durchdringen mussten.²¹

sen. Vgl. hierzu Brot für die Welt: Tschad: Menschenrechtler Djéralar Miankéol ist frei, 29.7.2015. Online verfügbar.

²⁰ Vgl. FIAN: Ghana im Goldrausch - Menschenrechte, Landwirtschaft und Wälder in Gefahr, Köln/Wien 2008. Online verfügbar. Misereor: Menschenrechtliche Probleme im peruanischen Rohstoffsektor und die deutsche Mitverantwortung, 2013. Online verfügbar.

²¹ Siehe z.B. der Follow-Up-Bericht von Amnesty International (2017): <https://www.amnesty.org/download/Documents/AFR6273952017ENGLISH.PDF>

Auch die Kampagne Plough Back The Fruits, die sich für die Hinterbliebenen des Massakers von Marikana, bei dem 34 streikende Bergarbeiter ermordet wurden, einsetzen, widmet sich der Lieferkettenverantwortung, in diesem Fall der Sorgfaltspflicht von BASF und dem Bergbaukonzern Lonmin.²²

Zu vielen Rohstoffen lassen sich Fallbeispiele und Steckbriefe finden. Die folgenden beiden Beispiele sollen die Auswirkungen des Bergbaus schlagwortartig darstellen, um die Bandbreite aufzuzeigen.

Kupfer²³

Kupfer ist unserem Alltag allgegenwärtig und ohne ihn lässt sich auch die Digitalisierung nicht umsetzen. Das Metall, das seit Beginn der Menschheitsgeschichte genutzt wird, findet in Zukunftstechnologien eine breite Anwendung, da es die Basis nahezu aller elektronischen Geräte darstellt. So rechnen Expert*innen damit, dass die weltweite Kupfer-Nachfrage in den nächsten Jahren weiterhin stark steigen wird: Bis 2050 um 213 bis 341 Prozent.²⁴ Ein Beschleuniger für die ansteigende Nachfrage ist die Elektromobilität. Der Bergbaukonzern BHP rechnet vor, dass in einem konventionellen Verbrennungsmotor knapp 20 Kilogramm Kupfer verbaut sind. In einem Hybrid-Auto wird bereits die doppelte Menge verwendet und in einem elektrischen Auto 80 Kilogramm. So erwartet das Unternehmen, dass 2035 die Kupfernachfrage um 8,5 bis 12 Millionen Tonnen pro Jahr steigen wird. Dass das weltweit größte Bergbauunternehmen BHP elektrische Fahrzeuge als „wichtigen Verbündeten“ begreift,

²² Online unter: <http://basflonmin.com>

²³ Merle Groneweg/Hannah Pilgrim/Michael Reckordt: Ressourcenfluch 4.0 - Die sozialen und ökologischen Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Rohstoffsektor, 2017. Online verfügbar.

²⁴ Müller, Melanie (2017): Deutsche Kupferimporte: Komplexe Lieferketten und Unternehmensverantwortung. GLOCON Policy Paper, Nr. 1, Berlin, 2017; online verfügbar

verwundert bei diesem Ausblick nicht mehr.²⁵ Schon heute sinkt jedoch tendenziell die Kupferintensität im Erz. Das bedeutet immer mehr Gestein muss abgebaut werden, um die selbe Menge Kupfer zu gewinnen. So steigen mit der weltweiten Nachfrage zwangsläufig auch die CO₂-Emissionen pro Tonne Kupfer sowie der Wasserverbrauch. Für Deutschland sind die wichtigsten Lieferländer Brasilien, Peru und Chile, die ungefähr zu gleichen Teilen 70 Prozent des Verbrauchs an Kupfer abdecken. Weitere zehn Prozent kommen aus Argentinien.

Deutschland ist der dritt größte Kupfer-Verbraucher der Welt und der größte in der EU.²⁶ Für die Absicherung der Versorgung hat die deutsche Bundesregierung im Jahr 2014 eine Rohstoffpartnerschaft mit Peru verabschiedet, bei der „[d]ie Einhaltung von Menschenrechten, der Schutz der indigenen Bevölkerung und die Berücksichtigung von Umwelt- und Sozialstandards“ als wesentliche Bestandteile des Abkommens dargestellt wurden, so schreibt das BMWi. Zivilgesellschaftliche Organisationen, wie das Netzwerk AK Rohstoffe, haben diese Art der Partnerschaft kritisiert, da sie einseitig auf die Versorgungsinteressen der deutschen Wirtschaft ausgerichtet ist. Sie berücksichtigt nicht in ausreichendem Maße die Gefährdung von Mensch und Umwelt in den Abbauregionen.

Schon im Jahr 2013 wies MISEREOR mit einer ausführlichen Studie auf die Herausforderungen des peruanischen Rohstoffsektors auf die Einhaltung der Menschenrechte hin.²⁷

²⁵ BHP Billiton (2016): The bullish thesis for copper, 31.08.2016; Vicky Binns; online verfügbar und Merle Groneweg/Hannah Pilgrim/Michael Reckordt: Ressourcenfluch 4.0 - Die sozialen und ökologischen Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Rohstoffsektor, 2017. Online verfügbar.

²⁶ BGR (2017): Rohstoffsituation in Deutschland 2016; online verfügbar

²⁷ MISEREOR (2013): Menschenrechtliche Probleme im peruanischen Rohstoffsektor und die deutsche Mitverantwortung; Online verfügbar

Immer wieder berichten Aktivist*innen und Betroffene aus dem Land über die gewaltsame Niederschlagung von Protesten, über gravierende Umweltzerstörungen und über die mangelnde Konsultierung und Einbindung der Betroffenen. Kupferbergbau im Allgemeinen kann als typisches Beispiel gelten, inwiefern lokale Gemeinden die sozialen Kosten und die negativen Umwelteinwirkungen der Rohstoffausbeutung zu tragen haben. Die Kupfer-Lieferkette ist - wie auch andere Rohstofflieferketten - durch mangelnde Transparenz geprägt. So kommen transnational agierende Unternehmen, im Kupfer auch das deutsche Unternehmen Aurubis und deren Abnehmer, ihrer menschenrechtlichen Sorgfaltspflicht nicht nach.²⁸

Nickel²⁹

Die globale Minenproduktion von Nickel ist bereits jetzt sehr hoch. 2016 wurden weltweit über zwei Millionen Tonnen abgebaut. Zu den wichtigsten Förderländern gehören die Philippinen, Kanada, Russland, Neukaledonien, Australien und Indonesien³⁰. Die Vorkommen sind im Gegensatz zu vielen anderen Rohstoffen recht gleichmäßig auf viele Staaten verteilt. Der inzwischen weltweit größte Exporteur von Nickel sind die Philippinen. Um den Abbau und ausländische Investitionen zu fördern, erließ die philippinische Regierung im Jahr 1995 ein neues Bergbaugesetz. Damit sollten ausländische Bergbaukonzerne besonders gefördert werden. Sie bekommen Steuerfreiheiten, dürfen soviel Wald roden, wie sie benötigen, und ihnen ist auch erlaubt, Flüsse und andere Wasserläufe umzuleiten. Das Gesetz wird seit mehr als zwanzig Jahren von NGOs, Indigenen Gemeinschaften und der lokal betroffenen Bevölkerung kritisiert,

²⁸ Müller, Melanie (2017): Deutsche Kupferimporte: Komplexe Lieferketten und Unternehmensverantwortung. GLOCON Policy Paper, Nr. 1, Berlin, 2017.; online verfügbar

²⁹ Müller, Melanie und Michael Reckordt (2017): Ohne Verantwortung und Transparenz - Menschenrechtliche Risiken entlang der Nickellieferkette; online verfügbar

³⁰ US Geological Survey (2018): Mineral Commodity Summaries 2018. Online verfügbar

da die ökologischen und sozialen Kosten vor Ort bleiben, aber die Gewinne abfließen. Dabei haben die Philippinen relativ viele gute Gesetze zum Schutz von indigenen Rechten, von Menschenrechten und zum Umweltschutz. Doch aufgrund mangelnder Umsetzung dieser Gesetze lassen sich sehr viele Beispiele für den destruktiven Nickelabbau finden, so auch in der Gemeinde Santa Cruz (Provinz Zambales) im Nordwesten des Landes. Hier organisieren sich Anwohner*innen gegen den Abbau, da sie die negativen Auswirkungen des Rohstoffabbaus in der Region deutlich spüren. So verliert die Gemeinde mit ihren 54.000 Einwohner*innen laut eigenen Schätzungen eine halbe Milliarde philippinischer Pesos jährlich, da der Abbau von Reis, Mango und anderen agrarischen Produkten sowie der Fischfang nur noch eingeschränkt möglich sind. Die Nickelabsetzbecken leiten Reststoffe in die Flüsse, die zur Bewässerung von Reisfeldern, für Aquakulturen oder für die Fischer eine lebenswichtige Bedeutung haben. Mehrfach barsten Rückhalte- und Absetzbecken; die nickelhaltigen Schlämme zerstörten die wirtschaftliche Grundlage. Fischer berichteten von einer Verletzung des Rechts auf angemessene Ernährung, da sie Mahlzeiten reduzieren und auf Nahrung in schlechterer Qualität zurückgreifen mussten. Aquakultur-Betreiber erzählten von nicht ausreichenden Kompensationszahlungen und von weiteren Zerstörungen durch einen Bergbaukonzern bei der Wiederherstellung von Fischeichen.

Gleichzeitig bringt der Abbau für die betroffenen Gemeinden nur wenige wirtschaftliche Vorteile mit sich. Denn die in den Philippinen abgebauten Rohstoffe werden nicht vor Ort, sondern in anderen Ländern weiterverarbeitet. Nickel wird hauptsächlich nach China verschifft, ein kleinerer Teil geht nach Japan. Die Rohstoffkonzerne selbst haben eigene Anlegestellen in philippinischen Häfen, von denen die Rohstoffe abtransportiert werden. Deutschland war 2015 derweil fünfgrößter

und 2016 achtgrößter Nickelverbraucher der Welt und so mitverantwortlich für die Situation in den Abbaugebieten.³¹ Vor allem die Bau- (31 Prozent) und Automobilindustrie (26 Prozent) sind die wichtigsten Verwender von Nickel, das unter anderem als Korrosionsschutz benötigt wird. Die deutsche Industrie importiert vor allem Nickellegierungen, die zu einem Großteil aus China kommen, dem Land, das einen Großteil der philippinischen Produktion weiterverarbeitet.

Die Proteste in Zambales sowie in anderen Provinzen nehmen zu. Die ehemalige Umweltministerin Gina Lopez ließ als eine ihrer ersten Amtshandlungen im Jahr 2016 nahezu alle Nickelminen des Landes schließen oder den Betrieb zeitweilig einstellen, um sie einer behördlichen Kontrolle zu unterziehen.

VERSAGEN AUF POLITISCHER EBENE Rohstoffpolitik Made in Germany

Trotz des Wissens um die negativen Auswirkungen, steht im Zentrum der Rohstoffpolitik der jeweiligen Bundesregierungen die Versorgungssicherheit für die deutsche Industrie. Das liegt auch daran, dass die Industrieverbände die Debatte um die Rohstoffe ins politische Berlin getragen haben und seit gut 15 Jahren ihre Interessen intensiv vertreten. Denn die deutsche Industrie befürchtet seit Anfang der 2000er Jahre eine Einschränkung der eigenen Versorgungssicherheit. Aus dem Grund wurde schon kurz nach der Jahrtausendwende der „Ausschuss für Rohstoffpolitik“ im Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) gegründet. Ziel des Ausschusses ist es, das Thema Rohstoffpolitik auf die bundespolitische Tagesordnung zu setzen. In dem Interessensverband der Industrie ist traditionell die rohstoffverarbeitende Industrie stark vertreten, so war zum Beispiel Ulrich Grillo, Miteigentümer der Zink verarbeitenden Grillo-Werke, von 2013 bis 2016 Vorsitzender des BDI.

³¹ BGR (2017): Rohstoffsituation in Deutschland 2016; online verfügbar

Der BDI begann früh mit einer kontinuierlichen Lobbyarbeit, die zum ersten BDI-Rohstoffkongress am 8. März 2005 in Berlin führte. Wie sich die Industrie die Diskussion über Rohstoffe vorstellte, erklärte Prof. Dr.-Ing. Dieter Ameling. Der damalige Präsident der Wirtschaftsvereinigung Stahl und zugleich Präsidiumsmitglied des BDI machte deutlich, worum es der deutschen Industrie geht: „Wir können aber in Deutschland nur dann Exportweltmeister bleiben, wenn die Unternehmen freien und fairen Zugang zu den internationalen Rohstoffmärkten erhalten.“³²

Auf dem zweiten BDI-Rohstoffkongress 2007 in Berlin stellte die damalige große Koalition die „Elemente einer Rohstoffpolitik“ vor. Gleichzeitig gründete die Bundesregierung den Interministeriellen Ausschuss (IMA) Rohstoffe. In diesem IMA Rohstoffe tauschen sich alle beteiligten Ressorts unter Federführung des Wirtschaftsministeriums (BMWi) zur aktuellen Rohstoffpolitik aus. Während die Zivilgesellschaft an diesem Prozess nicht beteiligt ist, berichtet das BMWi auf seiner Homepage: Seit „Juni 2007 arbeitet auch der BDI als Sachverständiger aktiv und konstruktiv an der Rohstoffpolitik mit und bündelt dabei die Interessen der Industrie.“

Im Oktober 2010 präsentierte die Bundesregierung dann auf dem dritten BDI-Rohstoffkongress die „Rohstoffstrategie der Bundesregierung“. Während die Industrie eng eingebunden war, konsultierte die Bundesregierung weder die Betroffenen in den Abbaubereichen noch deutsche Umwelt-, Menschenrechts- oder Entwicklungsorganisationen. Die „Rohstoffstrategie der Bundesregierung“³³ liest sich daher praktisch wie der Forderungskatalog der Industrieverbände. In ihr werden weitere Freihandelsabkommen, eine kohären-

te Rohstoffdiplomatie und Streitschlichtungsklagen im Rahmen der WTO gefordert. Vor allem handelspolitische Maßnahmen anderer Länder, wie Exportzölle oder -quoten oder Importvergünstigungen sollen als Wettbewerbsverzerrungen mit harten Instrumenten (z.B. Klagen gegen Exporteinschränkungen) und einer Rohstoffdiplomatie im Sinne der deutschen Industrie abgebaut werden. Die Strategie verspricht darüber hinaus eine stärkere Unterstützung der Industrie bei der Diversifizierung der Rohstoffquellen, etwa über staatliche Kredite, Investitions Garantien und Rohstoffpartnerschaften mit rohstoffreichen Ländern, geologische Vorerkundungen und eine verbesserte Datenbereitstellung. Zur Beratung gründete die Bundesregierung die DERA unter dem Dach der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), die als Dienstleister der Industrie fungiert. Ihre Aufgaben sind die wissenschaftliche Unterstützung bei der Diversifizierung von Rohstoffquellen und weitere Beratungsleistungen für die Industrie. Im aktuellen Koalitionsvertrag wird zudem die stärkere finanzielle Förderung der Rohstoffkompetenzzentren festgeschrieben, die in den Außenhandelskammern (AHK) angesiedelt sind und der Geschäftsanbahnung - Export von Maschinen und Technologie, Import von Rohstoffen - dienen.

Im Laufe des Jahres 2018 zeichnet sich ab, dass die Rohstoffstrategie der Bundesregierung fortgeschrieben werden soll. Vor allem die Antworten auf schriftliche und kleine Anfragen der Abgeordneten Eva-Maria Schreiber (DieLinke) und Uwe Kekeritz (Die Grünen) haben einen Zeitplan bis Mitte 2019 öffentlich gemacht. Zwar sollen, laut Staatssekretär Nußbaum (BMWi), dieses Mal auch Umweltschutzverbände konsultiert werden, inwieweit aber die Erkenntnisse aus den letzten Jahrzehnten über die Herausforderungen beim Bergbau in die Strategie mit einfließen, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch vollkommen unklar.³⁴

³² Fuchs, Peter und Michael Reckordt (2013): Rohstoffsicherung in Deutschland und zivil-gesellschaftliche Antworten; In: Peripherie Nr. 132

³³ Online unter: <http://www.rohstoffwissen.org/fileadmin/downloads/160720.rohstoffstrategie-der-bundesregierung.pdf>

³⁴ Antwort des BMWi auf Kleine Anfrage der Linken: <https://www.bundestag.de/presse/hib/-/579812>

TRANSPARENZINITIATIVEN

Dabei hat sich auf internationaler Ebene in den letzten Jahren doch einiges getan. Zentrale Herausforderungen für die lokale und internationale Zivilgesellschaft sind die fehlenden verbindlichen Gesetze, die die Einhaltung von Menschenrechten vorschreiben. Eine hinreichende Bedingung dafür sind bessere Transparenzgesetze, um Informationen zu gelangen, wer überhaupt Verantwortung trägt und in welchem Maße. Zudem ist Korruption und Veruntreuung in vielen Ländern eine große Herausforderung. In großen Bergbauprojekten ist es keine Seltenheit, dass über viele Jahre mehrere Milliarden Euro investiert werden. Da fallen immer wieder für nationale oder lokale Politiker*innen gewisse Mittel ab. Für mehr Transparenz in dem Bereich der Zahlungsströme will die globale „Extractive Industries Transparency Initiative“ (EITI) beitragen. Die EITI entstand im Jahr 2002, nachdem zivilgesellschaftliche PWYP-Netzwerke (PWYP: Publish What You Pay) die Offenlegung von Zahlungsströmen von Unternehmen und Staaten eingefordert hatten, um Korruption aufzudecken. Nach dem Ausschluss von Aserbaidschan beteiligt sich aktuell 51 Länder an der Initiative und legen offen, wie viel Geld sie durch Lizenzen, Abgaben, Steuern etc. von den Bergbaukonzernen einnehmen, während die Konzerne wiederum angehalten sind offenzulegen, wie viel sie an die jeweiligen Staaten zahlen.³⁵ Mithilfe solcher Abgleiche lassen sich etwaige Korruptionsfälle erkennen, gleichzeitig aber auch, ob sich der Rohstoffabbau überhaupt für die Gesellschaften lohnt. EITI ist eine der ersten Initiativen, in der Regierungen, Konzerne und die lokale Zivilgesellschaft gleichberechtigt miteinander verhandeln und zu einem Konsens gelangen müssen. Vor allem in autoritär regierten Staaten ist diese Initiative häufig einer der wenigen Zugänge für die Zivilgesellschaft zur Politik. Der EITI-Standard wird

regelmäßig weiterentwickelt und in Zukunft sollen Besitzverhältnisse sowie die einzelnen Verträge offengelegt werden. Dies wären wichtige Voraussetzungen dafür, die Branche besser kontrollieren zu können.

Mit mehr Zahlungstransparenz ist allerdings noch lange keine Steuergerechtigkeit verbunden. Viele Konzerne können durch sogenanntes transfer pricing und andere Techniken Steuerzahlungen umgehen. Dadurch entsteht den rohstoffreichen Ländern ein Verlust an Einnahmen.³⁶ Außerdem überlässt die internationale Handelspolitik den Unternehmen einseitig sehr viel Macht. Während multinationale Unternehmen durch Investitionsschutzabkommen eine völkerrechtliche Möglichkeit haben, Staaten zu verklagen, und für demokratische Entscheidungen, die zum Beispiel einen stärkeren Umweltschutz oder höhere Sozialstandards vorschreiben, entschädigt werden können, fehlt es an verbindlichen Pflichten. Die Auflagen an die Industrie basieren weiterhin auf Freiwilligkeit. Die meisten größeren Bergbaukonzerne sind transnationale Unternehmen und können durch Verlagerungen der Geschäftsaktivitäten nicht nur Steuersparmodelle kreieren und nutzen, sondern sich auch unliebsamen nationalen Rechtsprechung entziehen.³⁷ So verklagte beispielsweise der kanadische Konzern Gabriel Resources den rumänischen Staat auf Schadensersatz, nachdem der nach 15 Jahre andauernden Protesten die bereits oben erwähnte Gemeinde Rosia Montana zum Kulturerbe erklärt hatte. Die Klage wurde mit entgangenen Gewinnen und hohen Kosten - vor allem für die Öffentlichkeitsarbeit in den rumänischen Medien - begründet.

³⁵ <https://eiti.org/countries> - Die Mitgliedschaften von Liberia und der Zentralafrikanische Republik sind gerade suspendiert.

³⁶ Vgl. hierzu SOMO: Fool's Gold - How Canadian mining company Eldorado Gold destroys the Greek environment and dodges tax through Dutch mailbox companies, 2015, Online verfügbar

³⁷ Vgl. Reckordt, Michael (2017): Wenn Konzerne klagen können. In: IZ3W, Nr. 358

KONFLIKTROHSTOFFE

In den letzten Jahren konzentrierte sich der mediale und politische Diskurs in Bezug auf Menschenrechtsverletzungen im Bergbausektor am stärksten auf die sogenannten Konfliktrohstoffe. Der Begriff ist im Kontext eines Berichtes einer UN-Expert*innengruppe entstanden. Diese UN-Gruppe hat die Verbindung zwischen der Ausbeutung von Rohstoffen und des Konflikts im Osten der Demokratischen Republik (DR) Kongo im Jahr 2001 nachweisen können. Obwohl der zweite Kongokrieg im Jahr 2002 mit einem Friedensvertrag endete, sind einige Konfliktparteien bis heute im Osten der DR Kongo aktiv und finanzieren sich zum Teil über die Ausbeutung der Rohstoffe, dem Handel mit ihnen oder der Besteuerung von Aktivitäten mit Rohstoffbezug.³⁸ Die Debatte knüpft zudem an die Erfahrungen aus dem Diamanten-Handel an, der unter anderem blutige Konflikte in Sierra Leone, Liberia und Angola finanziert hat.

In den USA begannen zivilgesellschaftliche Kampagnen über die mögliche Verwendung dieser Rohstoffe aus der DR Kongo in den USA aufzuklären. Im Jahr 2008 startete zum Beispiel die US-NGO Enough Project eine Kampagne, um eine amerikanische Konfliktmineralien-Gesetzgebung zu erzielen. Die Aufmerksamkeit und der damit verbundene mediale Druck führten dazu, dass der US-Kongress im Juli 2010 einen auf Konfliktmineralien fokussierten Passus in den Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act (kurz: Dodd-Frank Act) aufnahm. Eigentlich ist der Dodd Frank Act ein Gesetz, um die damalige Finanzkrise einzudämmen und die Finanzwelt zu regulieren. Doch Aktivist*innen konnten die Politiker*innen überzeugen, in der Sektion 1502 einen Absatz einzubringen, der alle an der Börse gelisteten Unternehmen verpflichtet, jährlich an die US-Börsenaufsicht zu berichten, ob zur Herstellung oder Funkti-

onalität ihrer Produkte entlang der Lieferkette Konfliktmineralien eingesetzt werden. Als Konfliktmineralien werden in diesem Gesetz Tantal, Zinn, Wolfram und deren Erze sowie Gold definiert. Gleichzeitig beschränkt sich dieses Gesetz geographisch auf die DR Kongo und seine Nachbarländer die Republik Kongo, die Zentralafrikanische Republik, Südsudan, Uganda, Ruanda, Burundi, Tansania, Sambia und Angola, um den Schmuggel miteinzubeziehen. Der Dodd Frank Act verpflichtete Unternehmen, die diese Rohstoffe nutzen, ihre Lieferketten zu entschlüsseln und nachzuweisen, dass ihre Rohstoffe nicht aus einer Miene in der Region der Großen Seen stammen, die in den Konflikt involviert ist.

Ein Vorwurf, den der BDI immer wieder hervor hebt, ist der de facto Boykott der DR Kongo durch solche Regulierungen und somit negative Effekte vor Ort (Öko-Institut 2013 Conflict minerals – An evaluation of the Dodd-Frank Act and other resource-related measures, Online verfügbar). Diesen Vorwurf des Boykotts haben Wissenschaftler*innen der Universität Maastricht in einer Analyse widerlegt. Sie verweisen darauf, dass die Exportmengen der Konfliktrohstoffe aus der DR Kongo von 2011 bis 2016 tendenziell eher gestiegen sind (Koch, Dirk-Jan und Sara Kinsbergen, 2018: Exaggerating unintended effects? Competing narratives on the impact of conflict minerals regulation. In: Resources Policy 57). Gleichzeitig zeigen Daten des belgischen Forschungsinstituts IPIS, dass die Zahl der konfliktfreien Minen ansteigt (IPIS 2018: MAP – Conflict Minerals in Eastern DRC. Online verfügbar). Das gilt vor allem für die drei Massenrohstoffe Tantal, Wolfram und Zinn. Beides belegt: zu einem Boykott ist es nicht gekommen.

Auch weil gleichzeitig mit den Gesetzgebungen einzelne Elektronikkonzerne ihre Lieferketten durchdrungen, zum Teil ihre Schmelzen für die jeweiligen Rohstoffe offengelegt, zum Teil vor Ort in geschlossene Rohstofflie-

³⁸ Flohr, Annegret: Vertane Chance - https://www.hsfk.de/fileadmin/HSFK/hsfk_downloads/standpunkt0214.pdf

ferketten investiert haben und versuchen die Situation im Osten der DR Kongo zu verbessern. Viele Aktivist*innen sehen daher den Dodd Frank Act als wichtigen ersten Schritt, trotz der Schwächen der geographischen Fokussierung und dem Schwerpunkt auf „konfliktfreie“ Produkte. Aufgrund der Kritik am Dodd Frank Act von wissenschaftlicher Seite und von Seiten der Industrielobby hat die Regierung von Donald Trump immer wieder angekündigt, die Sektion 1502 des Dodd Frank Acts auszusetzen.

Aufgrund der internationalen Debatte über Konfliktrohstoffe, reagierte auch die Europäische Union. Schon 2013 kündigte der damalige Handelsminister Karel de Gucht eine europäische Regelung an. Seine Handelskommission präsentierte allerdings einen sehr schwachen Entwurf für eine freiwillige Selbstzertifizierung von Unternehmen. Das europäische Parlament lehnte diesen Entwurf an einigen Kernpunkten im Jahr 2015 ab und forderte deutliche Nachbesserung. So wurde aus der freiwilligen Selbstzertifizierung eine verpflichtende Verordnung nach OECD-Standards. Am Ende einigten sich die EU-Kommission, das EU-Parlament und der Rat der Europäischen Union im Trilog im Jahr 2016 auf eine Verordnung, die Importeuren sowie Verhüttungsbetrieben in Europa eine verpflichtende Sorgfaltspflicht beim Import der vier Rohstoffe Tantal, Wolfram, Zinn oder Gold ab einem gewissen Schwellenwert auferlegt. Zwar hat die europäische Regelung einige Schwächen, wie die Begrenzung auf die vier Rohstoffe, die Limitierung auf die Importeure und Schmelzen in Europa sowie die Schwellenwerte, doch weder die regionale Begrenzung auf die Region in Zentralafrika noch der Fokus auf die Deklaration einzelner Produkte als „konfliktfrei“ sind in der Verordnung enthalten. Im Juni 2017 trat die Regulierung zu Konfliktmineralien in Kraft, nach der ab 2021 alle Unternehmen, die in die EU importieren, ihre Sorgfaltspflichten nachweisen müssen.

KONZERNE KOMMEN GESETZLICHEN REGULIERUNGEN ZUVOR - MIT FREIWILLIGEN INITIATIVEN

Nahezu zur gleichen Zeit verabschiedete der UN-Menschenrechtsrat 2011 die UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte und die OECD im selben Jahr die Leitlinien für multinationale Unternehmen. Beide beschreiben die Verantwortung von Unternehmen für die sozialen Auswirkungen ihrer ökonomischen Aktivitäten. Sowohl in den UN-Leitprinzipien, wie auch in den OECD-Leitlinien hört die Verantwortung der Unternehmen nicht auf dem eigenen Werks- gelände und nicht mit den direkten ökonomischen Tätigkeiten auf, sondern umfasst die Lieferketten bis hin zur Rohstoffgewinnung. Das betrifft Konzerne, die im Bergbau tätig sind - sei es im Bereich Erkundung, Abbau, Handel oder in der Finanzierung - genauso wie die Rohstoffe nutzende und verarbeitende Industrie. Die geforderte „gebotene Sorgfaltspflicht“ beinhaltet laut UN-Leitprinzipien (Prinzip 15), dass Unternehmen ein Verfahren entwickeln, um mit Blick auf ihre eigenen Aktivitäten und Geschäftsbeziehungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette „die Auswirkungen auf die Menschenrechte zu ermitteln, zu verhüten und zu mildern sowie Rechenschaft darüber abzulegen, wie sie diesen begegnen“.³⁹

Für den Bezug von Rohstoffen aus Konfliktgebieten fordert die OECD von Unternehmen die Implementierung eines mehrstufigen Systems, um Risiken in der Lieferkette zu identifizieren und ihnen wirksam zu begegnen.⁴⁰ Zur Umsetzung sowohl der UN- als auch OECD-Standards hat das Deutsche Global Compact Netzwerk eine Broschüre veröffentlicht, dass die fünf Schritte für Unternehmen ins Deutsche übersetzt hat. Erstens: Ein Grundver-

³⁹ DGCN: Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. Umsetzung des Rahmens der Vereinten Nationen „Schutz, Achtung und Abhilfe“, Berlin 2014.

⁴⁰ OECD: OECD-Leitsätze für multinationale Unternehmen, 2011. Online verfügbar.

ständnis im Unternehmen verankern. Wichtig dabei, Prozesse und Strukturen verankern, die in der Lage sind, nachteilige Auswirkungen auf die Menschenrechte frühzeitig zu erkennen und ihnen vorzubeugen. In einem zweiten Schritt müssen potenzielle Auswirkungen erfasst werden. Das heißt, Unternehmen werden sich der eigenen Rolle in der Lieferkette bewusst und untersuchen mögliche Risiken, zum Beispiel bei der Rohstoffgewinnung und Weiterverarbeitung. Hierfür können Websites, wie vom Business and Human Rights Resource Centre, Amnesty International, dem Internationalen Gewerkschaftsbund oder Human Rights Watch genutzt werden. Drittens: Bestehende Prozesse und Lücken müssen identifiziert werden. Dazu empfiehlt das Deutsche Global Compact Netzwerk zusätzlich zu eigenen Aktivitäten Kontakte zu anderen Unternehmen aufzunehmen, seien es Zulieferer oder Mitbewerber. Unter Umständen gibt es schon Runde Tische, Initiativen oder Netzwerke, denen man sich anschließen kann. Viertens: Ein Unternehmen kann nicht alle menschenrechtlichen Risiken in der Lieferkette mit einem Schlag bearbeiten oder gar lösen. Daher ist es wichtig, im Unternehmen Maßnahmen zu priorisieren und nächste Schritte zu vereinbaren. Hier kann eine Gewichtung nach den Ausmaßen der menschenrechtlichen Risiken erfolgen oder nach Bereichen, wo das Unternehmen einen besonders hohen Einfluss geltend machen kann. Dazu gehört auch, einen unternehmensspezifischen Aktionsplan zu erstellen. Fünftens: Die Aktionspläne müssen umgesetzt werden und in einen fortlaufenden Prozess integriert werden. Ziel: Menschenrechtliche Sorgfalt dauerhaft im Unternehmen verankern.⁴¹

Die OECD-Leitsätze für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwort-

ungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebieten⁴² weichen von dieser Darstellung etwas ab und heben vor allem das öffentliche und transparente Berichtswesen hervor. Die fünf Schritte lauten hier: Schritt 1, Aufbau eines soliden Unternehmensmanagementsystems; Schritt 2, Ermittlung und Bewertung von Risiken entlang der Lieferkette; Schritt 3, Gestaltung und Umsetzung einer Strategie zur Risikobekämpfung; Schritt 4, Durchführung eines unabhängigen Audits durch Dritte, der von den Verhüttungsbetrieben / Scheideanstalten zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten durchgeführten Maßnahmen; und Schritt 5: Jährlicher Bericht zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette.

Auf diesen beiden Standards basieren auch viele weitere, freiwillige Standards, die von der Industrie ausgearbeitet wurden und deren Umsetzung durch Audits überwacht wird. Auch hier gibt es eine große Schwachstelle: Diese Audits sind in der Regel nicht transparent. Die konkreten Fragestellungen, die Antworten und die Schlussfolgerungen sind in der Regel unbekannt und können nicht kommentiert werden. Auch lassen viele Audits die Frage unbeantwortet, wer von den Betroffenen überhaupt befragt worden ist. Das macht eine unabhängige und kritische Überprüfung nahezu unmöglich.

Zudem unterscheiden sich die freiwilligen Standards sehr häufig in Detailfragen. Viele Standards fokussieren auf einzelne Rohstoffe oder einzelne Branchen. Allein eine Studie über 22 freiwillige Standards und Leitlinien der NGO Germanwatch deckt diverse Schwachstellen auf, die die Initiativen ignorieren.⁴³

⁴¹ Deutsches Global Compact Netzwerk: 5 Schritte zum Management der menschenrechtlichen Auswirkungen Ihres Unternehmens: Online unter: https://www.globalcompact.de/wAssets/docs/Menschenrechte/Publikationen/5_schritte_zum_management_der_menschenrechtlichen_auswirkungen_ihres_unternehmens.pdf

⁴² Online: https://www.bmwj.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/oecd-leitsaetze-fuer-die-erfuellung-der-sorgfaltspflicht.pdf?__blob=publicationFile&v=5

⁴³ Sydow, Johanna und Antonia Reichwein (2018): <https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/22234.pdf>

Die Bundesregierung erarbeitete in den letzten Jahren in einem sehr aufwendigen Prozess einen Nationalen Aktionsplan (NAP) zur Umsetzung der UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. Obwohl unter großer zivilgesellschaftlicher Beteiligung gestartet, blieb der NAP weit hinter den Erwartungen zurück. Anstatt eines Gesetzes zur Festschreibung von Sorgfaltspflichten entlang der Lieferkette, der Ausweitung von Beschwerdestellen und Klagemöglichkeiten gegen deutsche Konzerne, sollen branchenspezifische Handlungsanleitungen sowie Best-Practice-Bespiele erarbeitet werden. Die Unternehmensverbände setzten sich mit ihren Forderungen noch Freiwilligkeit weitestgehend durch.

Die Diskussion über die notwendigen Schritte zum Schutz von Menschenrechten und der Umwelt in Rohstoff-Lieferketten hat erst begonnen und es ist mit erheblichem Gegenwind von wirtschaftlichen Interessengruppen zu rechnen, wie die Diskussion um die nationale Umsetzung der UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte in Deutschland gezeigt hat.⁴⁴ In verschiedenen europäischen Ländern, wie Finnland, Niederlande, Luxemburg, Großbritannien, Schweiz, Deutschland oder Frankreich gibt es Gesetze, Gesetzesinitiativen oder Kampagnen für eine gesetzlich verpflichtende Sorgfaltspflicht von Unternehmen. Diese gehen weit über die Konfliktminerale hinaus. Die EU-Verordnung kann somit Vorreiter für neuere Regulierungen sein. Es gilt jedoch die Schwachstellen der Verordnung zu beseitigen. Erstens muss sie für alle Rohstoffe und nicht nur die genannten vier gelten. Jeder Rohstoff kann potentiell zur Finanzierung von illegal bewaffneten Gruppen dienen. Zweitens müssen die verarbeitende Industrie und der Handel eingebunden sein, denn

auch sie haben eine Verantwortung entlang der Lieferkette. Drittens müssen die bisherigen Schwellenwerte aufgehoben werden, da unter Umständen Konzerne dadurch die Berichtspflichten unterlaufen können. Viertens muss die Einhaltung der Verordnung regelmäßig überprüft und nicht Berichten oder Fehlverhalten sanktioniert werden. In diese Debatten müssen die Betroffenen vor Ort viel stärker als bisher eingebunden werden. Die lokale Zivilgesellschaft, Kooperativen von Kleinschürfer*innen und örtliche Behörden besitzen eine Expertise, die wichtig für die Ausgestaltungen konkreter Gesetze und Verordnungen ist. Langfristig braucht es darüber hinaus eine globale Debatte über Rohstoffabbau und -verbrauch.

POSITIVBEISPIELE UND GUTE ANSÄTZE

In den letzten Jahren sind mehrere Dutzend Industrie-Initiativen entstanden. Unternehmen, staatliche und wissenschaftliche Akteure sowie die Zivilgesellschaft haben für einzelne Rohstoffe (u.a. Aluminium, Kobalt, Kupfer, Stahl, Gold), für einzelne Industrie-Sektoren (u.a. Automobil, Elektronik) oder für Teile der Lieferketten (u.a. im Upstream-Bereich, also von der Mine bis zur Schmelze) runde Tische, Industrieinitiativen oder Zertifizierungen kreiert. Einzelne Unternehmen, wie Motorola, sind eigene Wege gegangen und haben versucht Lieferketten zu vereinfachen. Motorola hat den Weg einer closed pipeline in Bezug auf Konfliktminerale gewählt und somit einzelne Kettenglieder ausgelassen beziehungsweise wieder eingegliedert. Im Smartphone-Bereich aktiv sind das Fairphone und Shiftphones. Zwar geben beide Mobilphone-Produzenten zu, dass es heutzutage noch unmöglich ist, ein komplett faires und nachhaltiges Smartphone zu bauen, beide machen sich aber an unterschiedlichen Stellen auf den Weg, dieses Ziel irgendwann zu erreichen. Während Shiftphones vom Design her denkt und auf vor allem bessere Arbeitsbedingungen beim Zusammenbau

⁴⁴ Kerkow, Uwe und Karolin Seitz (2018): Regeln zu Wirtschaft und Menschenrechten: Online: https://www.brot-fuer-die-welt.de/fileadmin/mediapool/2_Downloads/Fachinformationen/Sonstiges/Briefing_Wirtschaftslobby.pdf

des Handys setzt, denkt das Fairphone seine Smartphones von den Rohstoffen her. Shiftphones setzt auf faire Löhne, Ausschluss von Kinderarbeit und gute Arbeitsbedingungen, vor allem in den Produktionsstätten in China. Sie arbeiten bei den Rohstoffen mit der Initiative Fair Lötet zusammen, die fairen Lötzinn produzieren und Shiftphones verzichtet laut letztem Bericht von Dezember 2016 gänzlich auf Coltan. Die 80 Gramm verwendetes Gold sollen in Zukunft aus fairer Produktion kommen. Shiftphones setzt vor allem auf die Kontrolle durch die eigenen Mitarbeiter*innen, wobei leider wenig über unabhängige Audits von Dritten bekannt ist. Bei Transparenz und Berichterstattung kann sich allerdings das Shiftphone definitiv noch verbessern, eine kritische Überprüfung der Ziele und der Maßnahmen durch Dritte ist aufgrund der Internetinformationen nur schwer möglich. Dagegen wird die Nutzung in der Kreislaufwirtschaft konsequent angestrebt, Reparaturfähigkeit, aber auch Recycling werden schon beim Design bedacht, was den Rohstoffverbrauch in der Zukunft hoffentlich minimiert.

Das Fairphone hingegen setzt vor allem auf die Verwendung von konfliktfreien Rohstoffen und eine transparente Kommunikation mit der eigenen Nutzer*innen-Community. Zuletzt im August 2018 wurden sowohl die Zulieferer als auch die Schmelzen für die vier Konfliktminerale in der Lieferkette transparent aufgeführt. Insgesamt fokussiert das Fairphone seit 2017 auf insgesamt zehn Rohstoffe, darunter neben den Konfliktmineralen auch Nickel, Kobalt, Indium oder Seltene Erden. Ähnlich wie Shiftphones setzt auch das Fairphone auf modulare Handys, die reparierbar sind und deren Ersatzteile einige Zeit vorrätig sind. Dennoch gab es Kritik, als das Unternehmen im Juli 2017 ankündigte, dass für die erste Generation der Smartphones (ab 2013 gebaut) in Kürze keine Ersatzteile mehr verfügbar seien. Zudem gibt es immer wieder Kritik an der Technologie im Fairphone.

Einige kleine Unternehmen haben die Transparenz und Sorgfaltspflichten für sich als Unique Selling Point identifiziert. Neben den beiden Smartphone-Herstellern kann man hier auch den Computer-Maus-Hersteller NagerIT nennen. NagerIT produziert faire Computer-Mäuse. Sie stellen ihre Lieferkette transparent online und zeigen, wo sie als kleiner Produzent leider nicht weiterkommen in ihrer Lieferkette. Sie zeigen Grenzen ihrer Möglichkeiten bei der Sorgfaltspflicht. Gleichzeitig integrieren sie Wiederverwendung und soziale Arbeitgeber in ihre Lieferkette.

Auf Grund des öffentlichen Drucks geht auch die deutsche Automobilindustrie verstärkt dazu über, wieder direkte Lieferverträge mit Minen zu unterzeichnen. Ein Beispiel, was deutlich darüber hinaus gehen könnte, ist die Zusammenarbeit von BMW mit BASF, Samsung und der GIZ, die im Dezember 2018 angekündigt wurde. Das Konsortium möchte Kobalt aus artesischen Minen in der DR Kongo beziehen und gleichzeitig Arbeits- und Lebensbedingungen der Kleinschürfer*innen verbessern. Artisanaler Bergbau bezeichnet den handwerklichen Bergbau mit geringem Kapital- und Maschineneinsatz, der häufig in Konkurrenz zu transnationalen Bergbaukonzernen steht. Das Ziel der Autokonzerne ist klar: Sie gewinnen Einflussmöglichkeiten über die Bedingungen des Rohstoffabbaus, der zu begrüßen ist. Gleichzeitig sichern sie auch ihre Versorgung mit Rohstoffen, die vom Markt gefragt sind. Darüber hinaus waren deutsche Automobilhersteller in den letzten Monaten maßgeblich an der Einrichtung verschiedenster Initiativen beteiligt. So entstand die aluminium stewardship initiative (Audi, BMW, Daimler), Responsible Steel (BMW, Daimler), Responsible Copper Initiative, Responsible Cobalt Initiative (BMW, Daimler), Responsible Minerals Initiative (BMW, Daimler, VW) sowie drive sustainability (BMW, Daimler, VW). Letztere Initiative kümmert sich um 17 Rohstoffe und soll den Konzernen bei der Umsetzung ihrer menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten helfen.

NOTWENDIGKEIT STAATLICHEN HANDELNS

Viele kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) stehen in Zukunft vor großen Herausforderungen, da sie kaum den gleichen Aufwand betreiben können, wie multinationale Konzerne, die sich in den verschiedenen Initiativen aktiv einbringen. Auch nicht jedes KMU wird in Zukunft als Markenkern eine faire Produktion haben. Gleichzeitig sind KMU aber in der Regel Teil einer komplexen Lieferkette und in dieser steigen die Erwartungen und die Berichtspflichten, wie die Aktivitäten der Automobil- und Elektronikindustrie zeigen. Auch KMU sind verpflichtet, die menschenrechtliche Sorgfalt zu wahren, ihre Lieferketten zu überprüfen und auf Risiken angemessen zu reagieren.

Nicht immer im Widerspruch zu den Interessen einzelner Unternehmen, ist hier aus zivilgesellschaftlicher Perspektive die Bundesregierung auf verschiedenen Ebenen gefragt zu handeln. Erstens muss sie den Rahmen setzen, dass die Einhaltung von menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten, ILO-Kernarbeitsnormen und ökologischen Standards sichergestellt wird. Das gilt für Produkte, die in Deutschland und Europa produziert werden, aber auch für solche, die hier verkauft und gehandelt werden. Noch ist es günstiger für Unternehmen, die Menschenrechte nicht zu achten und die Umwelt gewissenlos auszubeuten. Dies muss sich umkehren. Das Risiko muss bei den Konzernen und Unternehmen liegen, die sich nicht an bestehende Gesetze und Standards halten. Alle anderen brauchen eine Wettbewerbs-, Kosten- und / oder Risiko-Vorteil.

Gleichzeitig muss die Bundesregierung aber Unternehmen unterstützen, ihrer Sorgfaltspflicht nachzukommen. Dies gilt vor allem für KMU. Die Agentur Wirtschaft und Entwicklung, die von dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) finanziert wird,

bietet zum Beispiel eine Plattform an, wo eine erste Risikoüberprüfung mit wenigen Mausclicks erfolgen kann.⁴⁵ Auch wenn die Datenlage noch ungenügend ist, als eine erste Grundlage ist die Website durchaus hilfreich. Hierauf muss aufgebaut werden und Berichte von der deutschen, der europäischen und der internationalen Zivilgesellschaft eingepflegt werden.

Auch die BGR und die DERA müssten in ihr Risikomonitoring für einzelne Rohstoffe nicht nur Versorgungsrisiken aufnehmen, sondern auch Frühwarnsysteme kreieren, die Unternehmen unterstützen, soziale und ökologische Risiken zu minimieren.

SIEGEL UND ZERTIFIKATE

Dabei dürfen sich Unternehmen allerdings nicht einseitig auf Siegel und Zertifikate verlassen. Zwar können diese hilfreich und unterstützend sein, sie bieten aber keine einhundert prozentige Sicherheit. Im Konsument*innen-Bereich sind in den letzten Jahren viele Initiativen zu Siegeln und Zertifizierungen entstanden. Es ist fast unmöglich, durch den Siegel-Dschungel noch durchzublicken. Die Bundesregierung hat mit dem Projekt Siegelklarheit⁴⁶ einen ersten Schritt gemacht, der beim Einkauf helfen kann. Die christliche Initiative Romero hat sich ebenfalls mit vielen Siegeln auseinander gesetzt und eine kritischen Zusammenschau präsentiert.⁴⁷ Das Projekt PC-Global von der NGO WEED hat zum Beispiel einen Praxisleitfaden für konkrete Ausschreibungen im IT-Bereich geschaffen, um auch nachhaltige Produkte über die Nachfrageseite einzufordern.⁴⁸

⁴⁵ <https://www.wirtschaft-entwicklung.de/nachhaltigkeit/csr-risiko-check/>

⁴⁶ <https://www.siegelklarheit.de/>

⁴⁷ <https://www.ci-romero.de/kritischer-konsum/siegel-von-a-z/>

⁴⁸ Online: <http://www.pcglobal.org>

Diese Seiten zu verwenden können Unternehmen helfen. Beim Bezug von Rohstoffen oder der Verwendung von Rohstoffen in der Lieferkette sollten Unternehmen auch weitere Website, wie die Karten von EJOLT⁴⁹ oder IPIS⁵⁰ etc. als Informationsquellen nutzen. Die Digitalisierung sollte an diesen Stellen verstärkt genutzt werden, um Informationen entlang der Lieferkette einfach und schnell weiterzugeben. Gut gepflegte Datenbanken, digitale Produktinformationen und andere Instrumente sollten entwickelt oder ausgebaut werden. Während es zum Beispiel für die Automobilindustrie Informationssysteme gibt, die bis zu mehreren Komma Stellen die Reinheit der verwendeten Rohstoffe von Halbzeugen und Produkten mitteilen kann, fehlen solche Informationssysteme für menschenrechtliche, soziale oder ökologische Risiken. Hier liegen erhebliche Chancen. Der Druck, solche Informationssysteme zu kreieren kann aber nicht nur allein aus der Zivilgesellschaft, Medien und kritischen Öffentlichkeit kommen, sondern muss auch aus der Wirtschaft kommen. Hier sind sicherlich auch die Unternehmensverbände viel stärker gefragt, Informationen bereitzustellen und Fortbildungen anzubieten. Der jeweiligen IHK, der DIHK und den BDI-Mitgliedsverbänden könnte hier eine wichtige Rolle der zur Informationsweitergabe zufallen.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Seitdem die deutsche Rohstoffstrategie 2010 verabschiedet wurde, haben sich die globalen Rohstoffmärkte, die projizierten Rohstoffverbräuche und auch die globalen Ansprüche an Lieferkettenverantwortung verändert. Durch Überkapazitäten beim Abbau von Rohstoffen und eine globale Wirtschaftsrezession verbunden mit einem Rückgang der Nachfrage Chinas, sind die Preise für viele metallischen - und energetischen Rohstoffe - gesunken. Gleichzeitig

⁴⁹ <http://ejatlas.org/>

⁵⁰ <http://ipisresearch.be/home/conflict-mapping/maps/>

konnten in den letzten Jahren vereinzelt explosionsartige Erhöhungen von Preisen bei Lithium oder Kobalt identifiziert werden.

Die Versorgungssicherheit ohne weitere menschenrechtliche oder ökologische Auflagen bleibt die Kernforderung der Industrieverbände, wie der damalige BDI-Präsident Grillo auf dem BDI-Rohstoffkongress 2014 deutlich machte: „Wir dürfen die Menschenrechte nicht privatisieren“. Die Verantwortung der Unternehmen, Menschenrechte zu achten - von Ulrich Grillo fälschlicherweise als Privatisierung wahrgenommen - wird bis heute weder in der deutschen Rohstoffstrategie noch in den Instrumenten der Umsetzung der Strategie, wie den Rohstoffpartnerschaften oder der Außenwirtschaftsförderung, deutlich gestärkt. Als importabhängiges Land tragen wir eine Mitverantwortung für die Menschenrechte sowie den Umweltschutz in den Rohstoffabbaugebieten.

Die EU-Konfliktmineralien-Verordnung ist ein erster Schritt in die richtige Richtung, weitere Schritte werden folgen (müssen). Auch in Zukunft werden daher weitere politische Handlungsansätze gefordert sein, die auf die aktuellen Herausforderungen beim Abbau und Handel mit Rohstoffen reagieren und die Menschenrechte und Umweltschutz stärker in den Fokus rücken.

Schon jetzt wird deutlich, dass die Rohstoffnachfrage durch die Digitalisierung aller Bereiche des Lebens weitere Herausforderungen beinhalten wird. Zwar sprechen einige Akteur*innen von Dematerialisierung und höherer Rohstoffeffizienz durch die Digitalisierung, auf der anderen Seite zeigen Studien der Deutschen Rohstoffagentur, dass sich die Nachfrage nach Rohstoffen wie Tantal, Lithium oder Kupfer in Zukunft vervielfachen wird. Auch die Fragen nach zukünftiger Energieerzeugung und Mobilität können auf die Nachfrage bestimmter metallischer Rohstoffe eine große Auswirkung haben.

Neben der Einhaltung von sozialen und ökologischen Standards wird es zukünftig auch notwendig sein, den hohen Rohstoffverbrauch im globalen Norden zu senken. Die Diskussion, mit welchen Mitteln und Wegen das zu erreichen ist, steht noch am Anfang.⁵¹ Es gibt - abgesehen von der Forderung nach dem Ausstieg aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern - nur wenige durchsetzbare und zielführende Vorstellungen, wie der Verbrauch an metallischen Rohstoffen maßgeblich reduziert werden kann. Genau im Gegenteil: Die Umsetzung aktueller wirtschaftspolitischer Konzepte, darunter die der Elektromobilität,⁵² der grünen Ökonomie⁵³ oder der Digitalisierung der Wirtschaft und Industrie 4.0,⁵⁴ wird die Rohstoffströme verändern, von fossilen zu metallischen und mineralischen, und somit neue Pfadabhängigkeiten schaffen. Allerdings liefern diverse Ansätze - Reparierbarkeit, Recyclingquoten, Suffizienz etc. - und Diskurse - angefangen von höherer Rohstoff- und Materialeffizienz über Post-Wachstums-Debatten bis hin zu Forderungen nach steuer- und ordnungspolitischen Eingriffen des Staates - schon heute eine Vielzahl von Ideen und Vorschlägen, die einen Beitrag zu dem übergeordneten Ziel, den hohen Verbrauch zu minimieren, leisten können(ten).

⁵¹ Vgl. AK Rohstoffe: Für eine demokratische und global gerechte Rohstoffpolitik, Berlin 2016. Online verfügbar.

⁵² Vgl. Merle Groneweg, Laura Weis (2018): Weniger Autos, mehr globale Gerechtigkeit; online unter: <https://www.misereor.de/fileadmin/publikationen/Studie-Weniger-Autos-mehr-globale-Gerechtigkeit-2018.pdf> ; Achim Brunnengräber/Tobias Haas: Die falschen Verheißungen der E-Mobilität. In: Blätter für deutsche und internationale Politik, Heft 6/2017, S. 21-24; Jutta Blume/Nika Greger/Wolfgang Pomrehn: Oben hui, unten pfui? - Rohstoffe für die „grüne“ Wirtschaft: Bedarfe - Probleme - Handlungsoptionen für Wirtschaft, Politik & Zivilgesellschaft, 2011. Online verfügbar.

⁵³ Thomas Fatheuer/Lili Fuhr/Barbara Unmüßig: Kritik der Grünen Ökonomie, München 2015.

⁵⁴ Merle Groneweg/Hannah Pilgrim/Michael Reckordt: Ressourcenfluch 4.0 - Die sozialen und ökologischen Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Rohstoffsektor, 2017. Online verfügbar.

In seinem Projekt Rohstoffwende 2049 hat auch das Öko-Institut an einzelnen Beispielen Zukunftsszenarien ausgearbeitet.⁵⁵

Ähnlich wie die Zukunftstechnologien und die Rohstoffbedarfe verändern sich gerade auch die menschenrechtlichen und ökologischen Standards. In den nächsten Jahren werden hier Nachbesserungen erfolgen (müssen). Die globalen Herausforderungen werden nicht weniger, die zur Verfügung stehenden Rohstoffe nicht mehr. Wir werden uns auf den Weg machen müssen, die Digitalisierung so zu steuern, dass sie in den Grenzen dieses Planeten allen Menschen ein gutes Leben ermöglicht. Dafür benötigen wir eine Energie-, Agrar- und Mobilitätswende, allerdings im Rahmen einer Rohstoffwende, die Menschenrechte und Umweltschutz ins Zentrum rückt.

ZUM HINTERGRUND: DER ARBEITSKREIS ROHSTOFFE

Ein Akteur, der die entwicklungspolitischen und ökologischen Diskurse zusammenbringt und gegen den Industriediskurs stärkt, ist der Arbeitskreis (AK) Rohstoffe. Der AK Rohstoffe ist ein Zusammenschluss aus Menschenrechts-, Entwicklungs- und Umweltorganisationen, der sich seit 2008 regelmäßig trifft und zu Auswirkungen des Rohstoffabbaus austauscht. Dabei ist bedeutend, dass der ökologische Diskurs der Zivilgesellschaft weit über die Forderung einer effizienteren Nutzung von Rohstoffen hinaus geht: Nicht allein Effizienzgewinne - die unter Umständen durch Rebound-Effekte⁵⁶ zum Großteil oder vollständig aufgebraucht werden - sondern die absolute Reduktion des Rohstoffverbrauchs und die Annäherung an Rohstoffkreisläufe stehen im Zentrum der NGO-Forderungen.

⁵⁵ Abschlussbericht online unter: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Abschlussbericht_D2049.pdf

⁵⁶ Der Rebound-Effekt besagt, dass das Einsparungspotential durch Effizienzgewinne nur zum Teil oder gar nicht verwirklicht wird. Ein Beispiel ist, dass KäuferInnen von energiesparenden Autos im Anschluss das Auto häufiger nutzen und längere Strecken fahren.

Ein erster Schritt in diese Richtung wäre ein Kohleausstiegsgesetz, das mittelfristig die Verstromung von Kohle beendet. Darüber hinaus fordern die Organisationen Verbesserungen im Bereich Weiternutzung, Recycling und Reparierbarkeit - und somit die langfristige Verwertung von Produkten. Zudem unterstreicht der AK Rohstoffe die Notwendigkeit eines Verzichtes auf Tiefseebergbau. Denn an einigen Stellen des Tiefseebodens befinden sich verschiedene metallische Rohstoffe. Zum Teil liegen sie kleine Erhebungen in der Größe von Kartoffeln vor, die mit Tauchrobotern „abgeerntet“ werden sollen. Doch an diesen kleinen Erhebungen - Manganknollen genannt, benannt nach dem Metall Mangan, das neben anderen, seltenen Metallen in diesen Knollen vorkommt - spielt sich ein Teil des Lebens in der Tiefsee ab. Die Meeresbodenflora wächst dort und die Meeresfauna nutzt diese Knollen zum Teil als Nistplätze. Die ökologischen und menschenrechtlichen Folgen des Tiefseebergbaus sind nicht absehbar (<http://ak-rohstoffe.de>).

CHANCEN UND RISIKEN DER DIGITALISIERUNG FÜR DEN AFRIKANISCHEN KONTINENT

Felix Sühlmann-Faul

Freier Techniksociologe, Speaker und Autor

NEUE KOLONIALISIERUNG ODER POTENZIAL FÜR EINE GRÜNE ZUKUNFT?

Von der Wiege bis zur Bahre erzeugen die Gerätschaften der Digitalisierung - Fitnesstracker, Smartphones, Akkumulatoren, Computer und dergleichen - ökologische und insbesondere soziale Probleme. Diese weitgehend unbekanntes Nachhaltigkeitsdesaster finden zu großen Teilen auf dem afrikanischen Kontinent statt. Dieser Teil der Erde ist wie kein anderer von Ausbeutung gekennzeichnet und hat durch die Kolonialisierung von Seiten des globalen Nordens ein schweres historisches Schicksal. Geschichte und Gegenwart treffen vor Ort aufeinander und erschweren das Erstarren und Erblühen vieler afrikanischer Staaten. Dabei ist die Digitalisierung eine Keimzelle der Hoffnung und stellt eine Starthilfe dar. Damit ist Digitalisierung auch eine Chance. Trotzdem ist es noch ein langer Weg. Über die negativen und positiven Wirkungen der sozio-technischen Transformation für den Kontinent berichten die folgenden Seiten.

VERBREITUNG DER TECHNOLOGIE

Wenn man nach Kennzeichen der allgegenwärtigen Digitalisierung fragt, braucht man nicht lange zu suchen. An Bushaltestellen, im Café, selbst auf dem Fahrrad und im Auto sieht man smarte Geräte in der Hand und am Handgelenk, Touchscreens, die bedient werden und Panels, die uns Informationen liefern. Und aus vielen Lebensbereichen ist die Digitalisierung nicht mehr wegzudenken: Wissenschaft, Medizin, Medien und natürlich auch Mobilität - denn was ist Mobilität ohne digitalbasierte Anwendungen wie Navigation oder Infotainment? Viele Lebensbereiche werden massiv verändert und nicht zuletzt die Automobilbranche - ein klassischer Vertreter der ‚Old Economy‘ - strukturiert sich in diesen digitalen Zeiten deutlich um. Schließlich sind

Daten das kostbare Gut in der digitalen Ökonomie und die Basis für eine große Menge an Dienstleistungsmodellen. Inmitten dessen steht das ubiquitäre Smartphone. Die ‚Killer-Applikation‘ nicht zuletzt für Mobilitätsdienstleistungen. Aktuell gibt es in Deutschland 57 Millionen Smartphone-Nutzer (1). Das entspricht ungefähr 69 Prozent der Gesamtbevölkerung. Über 430 Millionen Smartphones wurden weltweit allein im vierten Quartal 2016 an Endkunden verkauft - obwohl der Markt immer wieder als gesättigt bezeichnet wird (2). Das deutet gleich auf ein Problem dieser Zahlen hin: Das Dasein von Geräten in der Sparte der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) ist besonders kurzlebig. Tatsächlich liegt die Nutzungsphase eines Smartphones im Durchschnitt bei lediglich 20 Monaten (3). Angesichts des enormen Bedarfs an Rohstoffen für die IKT, der kurzen Nutzungsphasen durch schnelle Innovations sprünge, korrelierendem Konsumstrudel und jeglichen Fehlens von Stoffkreisläufen entsteht hier eine enorme Konfliktsituation. Wie soll angesichts dieser Probleme eine Vision wie die ‚Industrie 4.0‘ umgesetzt werden? Wie soll eine Idee wie Connected Mobility - also Fahrzeuge in das Internet der Dinge zu integrieren und diese mit einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur zu verbinden - umgesetzt werden?

Zu beachten sind dabei nämlich auch die sozialen Folgen: Die traurigen Spitzenreiter der Produkte, die unter Bedingungen moderner Sklaverei produziert und in die G20 Staaten importiert werden, sind digitale Gerätschaften wie PCs und Mobiltelefone. Auf Platz zwei und drei folgen Fisch und Kleidung(4).

HERKUNFT DER ROHSTOFFE

Wie kommt es dazu? Zum Beispiel bestehen die Bauteile eines Smartphones aus bis zu 75 verschiedenen chemischen Elementen (5). Und Batterien für Elektroautos benötigen große Mengen Lithium und Kobalt. Manche Elemente werden inzwischen als ‚Konfliktmineralien‘ bezeichnet (s. auch Beitrag

„Rohstoffimplikationen einer digitalisierten Energie- und Mobilitätswende“): Meist sind das Tantal, Zinn, Wolfram und Gold. Auch Kobalt kann man hinzurechnen. Tantal ist beispielsweise ein Metall, das aus dem Erz Coltan gewonnen und für sehr kleine Kondensatoren mit hoher Kapazität verwendet wird. Kobalt wird für Lithium-Ionen-Batterien benötigt. Die Nachfrage nach diesen Batterien ist aufgrund des Einsatzes in digitalen Geräten und Elektrofahrzeugen massiv gestiegen. Das Beratungsunternehmen CRU, das die Stahlindustrie berät, hat errechnet, dass der aktuelle weltweite Kobalt-Bedarf jährlich bei ca. 40.000 Tonnen liegt und aufgrund der Notwendigkeit für Batterie-technologie im Jahr 2025 bereits die 70.000 Tonnen-Marke durchschreiten wird (6). Allein für die Automobilindustrie wird für das Jahr 2035 ein Bedarf von mehr als 122.000 Tonnen vorausgesagt (7). Die genannten Elemente stammen zu großen Teilen aus der Demokratischen Republik Kongo (DRK). Die Bezeichnung ‚Konfliktminerale‘ entstammt dem Umstand, dass bewaffnete Gruppen, die in der DRK seit Jahrzehnten in einem immer wieder aufflammenden Bürgerkrieg gegeneinander kämpfen, den Bergbau und/oder Teile des Handels mit den Mineralien an sich gerissen haben und mit dem Gewinn von mehreren hundert Millionen US-Dollar pro Jahr ihre Waffen finanzieren. Diese zementieren die Konflikte, indem sie die Macht dieser Paramilitärs sichern und die Region destabilisieren (8). Der Einfluss der bewaffneten Gruppen auf den Rohstoffhandel und -abbau ist dabei vielschichtig und variiert von Gruppe zu Gruppe: Gewaltsame Übernahme von Lagern und den Minen selbst, Kontrolle der Handelsbeziehungen, Zwangsarbeit, Erpressung von Schutzgeldern, Monopolisierung des Exports (9). Teilweise verlagern sich die Gruppen auf Wegegaree auf den Zufahrtsstraßen der Minen, wenn sich diese im Besitz von internationalen Verbrechenssyndikaten befinden (10). Die verheerenden Zustände in der DRK zerrütten das Leben der Zivilbevölkerung: Die

Todesopfer des Bürgerkriegs gehen in die Millionen. Aktuell benötigen mehr als 13 Millionen Kongolesier*innen humanitäre Hilfe, ebenfalls sind viele Millionen vom Hunger bedroht (11). Laut dem UN Flüchtlingshilfswerk liegt die Zahl der registrierten Flüchtlinge aus der DRK bis dato bei einer Dreiviertel-million Menschen (12). Viele Menschen fliehen in umgehende Gebiete - trotzdem sind die Fluchtbewegungen aus der DRK auch Teil des Menschenstroms, der sich in den globalen Norden bewegt auf der Suche nach einem besseren Leben. So bleiben die Probleme der DRK nicht weit weg, sondern betreffen genauso Deutschland und den Rest von Europa.

Gleichzeitig könnte die DRK die Kornkammer Afrikas sein. Jedoch ist die Landwirtschaft eines der vielen Opfer der Konflikte. Für die Menschen, die nicht mit vorgehaltener Waffe sondern freiwillig in den Minen arbeiten, ist diese Arbeit aufgrund der steigenden Nachfrage nach Rohstoffen und dadurch höherer Verdienstmöglichkeiten attraktiver als Felder zu bestellen. Zudem werden aufgrund der Zerstörung von Agrarland, Vertreibungen aufgrund des Bürgerkriegs und einer dadurch vielschichtigen Gemengelage von infrastrukturellen Problemen lediglich 10 Prozent der eigentlich nutzbaren Fläche kultiviert (13).

Die Rebellentruppen haben in den vergangenen Jahrzehnten viel Geschick darin bewiesen, sich zu finanzieren. Man darf daher die Rohstoffe nicht direkt an die Existenz des Bürgerkriegs knüpfen. Es wird jeweils eine Finanzierungsquelle gewählt, bei der besondere Nachfrage besteht. Und das sind in den vergangenen Jahren und aktuell eben die Konfliktminerale. Diese Gruppen, die größtenteils aus den umliegenden Staaten Burundi, Rwanda, Uganda und Zimbabwe stammen, begannen zunächst in den 1970er Jahren, Diamanten, Gold und Hölzer aus dem Land zu schmuggeln. Erst später kamen auch Coltan bzw. Tantal und Kobalt

dazu (14;15) Der Abbau von Coltan erzeugte in den Jahren 2000 und 2001 sogar eine Art Goldgräberstimmung, da die Preise für das Erz stiegen. Für viele Menschen war die Arbeit in den Minen daher attraktiver als Landwirtschaft und hatte positive Auswirkungen auf die Beschäftigung in der DRK. Es gab in den folgenden Jahren immer wieder kurze Boom-Phasen, die stets aber auch jäh wieder endeten. Um das Jahr 2009 brach der Absatz erneut ein, da es u.a. von Seiten der EU eine Initiative gab, den Handel mit Mineralien aus dem Kongo zu stoppen, um die Rebellentruppen nicht zusätzlich zu unterstützen (16). Kobalt wird jedoch aufgrund der hohen Nachfrage in zunehmenden Mengen aus der DRK exportiert (17).

GESUNDHEITLICHE FOLGEN UND MENSCHENRECHTSVERLETZUNGEN

Der Coltan-Abbau erzeugt gesundheitliche Probleme für Frauen und Kinder, die in den Minen arbeiten. Durch den vergleichsweise großen Gewinn arbeiten zunehmend Frauen in den Abbaugebieten und verrichten gefährliche und gesundheitsschädliche Arbeiten wie das zertrümmern von tantalhaltigem Gestein. Teile des Gesteins steigen in die Luft und kommen so in die Atemwege der Frauen und ihrer Säuglinge, die sie auf dem Rücken tragen. In Folge zeigen diese Kinder ähnliche gesundheitliche Probleme wie deren Mütter. Unter dem Zwang der Rebellengruppen werden Kinder teilweise zu Arbeit gezwungen oder als Kindersoldaten missbraucht (18). Die paramilitärischen Gruppen begehen dabei zahlreiche Menschenrechtsverletzungen wie Vergewaltigung, Folter und Morde. Insgesamt ist sexualisierte Gewalt ein großes Problem in diesem Land. Im Umfeld der Bergbauanlagen wurde Zwangsprostitution und Kinderprostitution beobachtet. Diese Verhältnisse tragen auch zur Verbreitung von HIV und Aids bei (19). All diese Zustände entsprechen den Merkmalen moderner Sklaverei (20).

REAKTION DER KONZERNE UND INITIATIVEN

Konzerne wie Motorola und Apple achten in der Zwischenzeit darauf, ihre Mineralien aus friedlichen Regionen zu beziehen aus Angst, ihrem Markenimage zu schaden. Das hängt bei den nordamerikanischen Firmen u.a. mit dem Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act von 2010 zusammen. Dieses U.S. Bundesgesetz reformierte das Finanzmarktrecht nach der Krise 2007. Ein Abschnitt dieses Gesetzes erlegte U.S.-amerikanischen Firmen Dokumentations- und Publizitätsverpflichtungen auf, sollten Sie Konfliktmineralien aus der DRK oder angrenzenden Ländern beziehen (21).

Außerdem gibt es neben vielen verschiedenen Initiativen die nordamerikanische Electronic Industry Citizenship Coalition (EICC) und die europäische Global e-sustainability Initiative (GesI), beide weltweit operierende Zusammenschlüsse von Elektronikfirmen, die sich um Corporate Responsibility im Bereich der Zuliefererketten kümmern. Beide vergeben Zertifikate für konfliktfreie Schmelzer. All diese Bemühungen haben den Gewinn der Rebellengruppen um ca. 65 Prozent seit 2010 reduziert. Nach Kritik von diversen Aktivistengruppen gehört Apple inzwischen zu den Vorstreitern im Bereich konfliktfreier Mineralien. 2013 schloss sich Apple der Public-Private Alliance for Responsible Minerals Trade (PPA) an, einer Gruppe von Regierungen, NGOs und Firmen, die Initiativen für konfliktfreie Rohstoffe finanzieren (22). Und diese Thematik betrifft genauso die Automobilindustrie. Rohstoffbeschaffung ist im Fokus der Branche in Bezug auf Nachhaltigkeit und sozialer Verantwortung. Wie beispielsweise Volkswagen berichtet, diskutiert der Automobilhersteller intensiv mit seinen Zulieferern, wie die Nachhaltigkeit in der Lieferkette, insbesondere bei Rohstoffen für Elektrofahrzeuge, verbessert werden kann. Insbesondere, so das Unternehmen, geht es darum, umweltfreundliche Fahrzeuge auf die

Straße zu bringen, die entlang der gesamten Lieferkette unter Einhaltung der Menschenrechte, Umwelt- und Sozialstandards produziert werden. Das scheint dringend notwendig, da Analysten davon ausgehen, dass die Pläne von Volkswagen bis 2030 die gesamte Modellpalette auf E-Mobilität umzustellen, ein Viertel des aktuellen Lithiummarkts verschlingen wird (23).

ÖKOLOGISCHE FOLGEN

Der Abbau von Rohstoffen für die Digitalisierung und die E-Mobilität sind nicht nur für die Menschen in den Abbauregionen problematisch. Der Abbau von Lithium, das ebenfalls für Akkumulatoren essenziell ist und dessen Bedarf ebenfalls durch Digitalisierung und E-Mobilität steigt, verbraucht enorm viel Wasser. Eines der größten Lithium-Vorkommen befindet sich im Norden Chiles - genauer in der Atacama-Wüste. Jährlich werden in Chile etwa 21.000 Tonnen Lithium erzeugt. Die Gewinnung in der Atacama wirkt sich direkt auf die Wasserreserven der gesamten Region aus, da die Wüste ohnehin zu den trockensten Gebieten der Erde zählt. Und der Wasserverbrauch lässt den Grundwasserspiegel dramatisch sinken. Dadurch trocknen die Flussläufe aus, Wiesen verdorren und gehen unwiederbringlich verloren (24).

In der DRK zeigen sich die Folgen des Abbaus von Kobalt, Tantal, Zinn, Wolfram und Gold in Form von Abholzung, Erosion, Zerstörung von Lebensräumen und der Vergiftung von Land und Wasser (25). Der planlose Raubbau, den manche Rebellentruppen betreiben, hat beispielsweise den Lebensraum der vom Aussterben bedrohten Gorillas zusätzlich dezimiert (26).

DIE STRUKTURELLEN PROBLEME ENTSTAMMEN DER GESCHICHTE

Natürlich ist der Rohstoffabbau nicht alleine der Quell der Probleme dieses Landes und die genannten Initiativen beenden nicht die Probleme der DRK. Diese zielen beinahe aus-

schließlich auf die Beendigung des Mineralienhandels der Rebellen, welche jedoch wie beschrieben flexibel darin sind, andere Finanzquellen zu nutzen. Es benötigt vielmehr eine langfristige und grundlegende Strategie, die militärische, politische und ökonomische Bemühungen miteinander kombiniert. Die Probleme der DRK sind strukturell bedingt.

Denn hier kommen verschiedene, charakteristische Probleme vieler afrikanischer Länder zusammen, die historischer und politologischer Natur sind. Zuerst ist da der schwache Zusammenhalt innerhalb der Gesellschaft des Landes ausschlaggebend, resultierend aus der ethnischen Zersplitterung. Daraus folgt das Gefühl mangelhafter Verlässlichkeit zwischen den Bürger*innen und dem Staat und innerhalb der Bevölkerung. Und woher soll eine gemeinsame Identität und Geschichte, die einen Zusammenhalt prägen könnte, stammen? Ein Staat, der wie viele andere Länder des subsaharischen Afrikas, mit willkürlich gezogenen Grenzen und damit ohne natürlich gewachsene nationale Identität existiert. Und die Instanzen erfüllen nicht die Aufgabe, eine Interessen- und Wertegemeinschaft zu bilden, sondern verteilen Ressourcen nach dem Patronage- bzw. Lineage-System. Bevorzugt werden die Angehörigen der eigenen Ethnie. Der Machtkampf ist also zunächst kein politischer, sondern er zielt auf den Zugriff auf Ressourcen ab. Politische Macht sichert diesen Zugriff, daher rechtfertigen sich auch, wie sich in vielen Ländern Afrikas zeigt, Mittel wie blutige Umstürze zur Erlangung und Aufrechterhaltung der Staatsmacht. Wahlverfahren oder ähnliche Regelwerke zeigen daher häufig wenig Wirkung. Sie sind manchmal sogar gefährlich, wenn sie erst zum letztendlichen Ausbrechen angestauter Konflikte beitragen.

Ein zweiter Stolperstein für die Stabilität der DRK wie im Nachbarstaat Republik Kongo (auch „Kongo-Brazzaville“), ist die mangelhafte Anpassungsfähigkeit der Institutionen.

Die politisch-historischen und kulturell-gesellschaftlichen Faktoren wurden häufig bei der Verfassungsgebung überhaupt nicht in Betracht gezogen. Damit blieb, aus den politischen legitimen Wegen ausgesperrt, ethnischen Minderheiten keine andere Wahl, als gewaltsam zu versuchen, die Macht zu erlangen (27).

E-WASTE

Neben der Gewinnung der Rohstoffe erzeugt auch die Entsorgung von IKT erhebliche ökologische und soziale Probleme. Der Fachbegriff für Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und ihrer Komponenten nach der Entsorgung lautet "waste electrical and electronic equipment (WEEE)", bzw. 'E-Waste'(28). Laut Schätzung der NGO StEP Initiative, einem Teil der United Nations University, betrug die weltweite Menge an anfallendem E-Waste im Jahr 2017 über 65 Millionen Tonnen - das entspricht dem zweihundertfachen Gewicht des Empire State Buildings (29) - man könnte sich auch sämtliche privaten PKW Deutschlands auf einem gemeinsamen Berg vorstellen. Solange die Geräte - im Bereich der IKT sind es größtenteils PCs und Smartphones aufgrund der kurzen Lebenszyklen - intakt sind, stellen sie keine direkte ökologische Belastung dar (30). Als E-Waste sind sie jedoch eine besonders aggressive und schädliche Art Müll. Die Platinen und Akkus von IKT enthalten zumindest ein giftiges Metall, meist handelt es sich um Blei, Kadmium oder Beryllium. Alle diese Stoffe können schwere organische Erkrankungen bei Kontakt erzeugen (31).

GHANA

In verschiedenen Orten in Asien und Afrika gibt es zahllose 'Hochburgen' des E-Waste. Guiyu in China, Bangalore, Chennai, und Neu-Delhi in Indien, Karachi in Pakistan und Lagos in Nigeria (32). Ein Ort in Ghana, der besonders drastisch von der Giftigkeit der alten Elektrogeräte gezeichnet ist, heißt Agbogbloshie, und liegt unweit der Hauptstadt Accra. Es handelt sich um einen Schrott-

markt, an dem jedes Jahr circa 215.000 Tonnen E-Schrott abgeliefert werden (33). Dort werden hauptsächlich Computer, Monitore und Fernseher per Hand zerlegt. Deren Plastikteile werden verbrannt, um die wertvollen Metalle zu lösen. Wertlose Teile werden weggeworfen. Diese Arbeiten werden von teilweise erst fünfjährigen Kindern ohne Schutzbekleidung durchgeführt - mit primitivem Werkzeug und den Händen. Und auch hier ist der Verdienst auf den Schrottplätzen größer als in der Landwirtschaft.

Ein Forschungsteam von Greenpeace hat vor Ort Bodenproben genommen, in denen extrem hohe Werte von Blei, gefährlichen Weichmachern und krebserregenden Dioxinen gefunden wurden (34). Es herrscht ein klarer Zusammenhang zwischen der Freisetzung dieser giftigen Chemikalien und den hohen Konzentrationen in den Böden und der Luft der Umgebung, wo sie äußerst schwerwiegende Folgen für die Menschen und die Umwelt haben (35). Unrühmlich wurde von einem US-amerikanischen Wissenschaftsmagazin Agbogbloshie als giftigster Ort der Welt gekürt - noch vor dem ukrainischen Tschernobyl (36).

UND RECYCLING?

Dieselben Probleme der Schädigung von Umwelt und Mensch treten sogar beim Recyceln alter elektronischer Geräte auf. Zwar sind die Richtlinien und Sicherheitsauflagen in Europa sehr hoch, wenn es um die Verarbeitung und Trennung chemischer Komponenten geht - diese Auflagen existieren jedoch nicht oder nur in sehr reduzierter Form in den Ländern der Dritten Welt (37).

Vor allem ist Recycling meist nicht das, für was man es halten könnte. Besonders bei IKT existiert kein Stoffkreislauf, der eine Wiederverwertung verbauter Materialien o.ä. gewährleisten würde. In den Vereinigten Staaten werden nach Schätzungen von Greenpeace 50-80 Prozent zu recycelnder Elektrogeräte

in die Länder des Fernen Ostens, Indien, Afrika und China exportiert (38). Vor Ort werden die Altgeräte notgedrungen händisch zerlegt. Der Export findet aus vielen Ländern wie den USA, Kanada und China statt, obwohl diese teilweise Konventionen wie die Stockholm Konvention gegen die Freisetzung von persistenten organischen Schadstoffen (39), die Rotterdam Konvention über den internationalen Handel mit gefährlichen Chemikalien (40) und die Basel Konvention ratifiziert haben. Letztere zielt darauf ab, die menschliche Gesundheit vor den Einflüssen "gefährlicher Abfälle" zu schützen sowie dessen Erzeugung und Export zu reduzieren (41). Unter "gefährlich" werden hier explosive, entflammbare, giftige oder ätzende Stoffe verstanden. Auch Deutschland ist an der illegalen Ausfuhr beteiligt. Laut Umweltbundesamt wurde im Jahr 2015 in Deutschland eine Dreiviertelmillion Tonnen Elektroaltgeräte an offiziellen Sammelstellen abgegeben (42). Wie hoch der Anteil des ‚Schattenstroms‘, also der Menge des illegal exportierten Elektroschrotts ist, ist schwer nachzuvollziehen. Für das Jahr 2008 schätzte eine Untersuchung des Ökopoll-Instituts das Volumen aber auf 155.000 Tonnen. Das europäische CWIT-Projekt (Counter WEEE Illegal Trade) - an dem unter anderem auch Interpol beteiligt war - geht von ca. 1,3 Millionen Tonnen gebrauchter Elektronik aus, die jedes Jahr die EU verlassen - undokumentiert. Elektroschrott könnte bald zu einem der größten Zweige illegaler Ausfuhr des Kontinents Europa werden. (43) Zwar ist durch die genannten Konventionen die Ausfuhr des gefährlichen Mülls für europäische Nationen verboten - häufig wird der Elektroschrott aber als Gebrauchtgüter-Spenden für Entwicklungsländer deklariert (44).

GESCHICHTE DES E-WASTE-PHÄNOMENS

Der Handel mit E-Waste entstand in den 1990er Jahren. Die Regierungen europäischer Staaten, von Japan und den USA initiierten Recycling-Systeme. Viele der Länder

hatten jedoch nicht die Möglichkeiten, die riesige Menge gefährlicher Stoffe in geordnete Bahnen zu lenken. Das Problem wurde per Export in Entwicklungsländer verlagert. Vor Ort sind die Auflagen zum Schutz der Arbeitskräfte und der Umwelt deutlich niedriger. Und die Kontrolle dieser Auflagen ist lückenhafter. Daher ist das Recycling vor Ort auch günstiger als in den Industrienationen. Die Nachfrage nach Elektroschrott stieg in den Entwicklungsländern, da sich in den Elektrogeräten wertvolle Rohstoffe befinden. Anfang der 2000er Jahre verbreitete sich der Handel mit E-Waste auch in Westafrika.

CHANCEN DER DIGITALISIERUNG

Das Paradoxe ist bei alledem doch folgendes: Die Digitalisierung, die wie gezeigt momentan in diesen Ländern Ausbeutung und Leid erzeugt, bietet gleichzeitig eine große Menge an Chancen. Mit ihrer Hilfe ließe sich Schritt für Schritt Afrika darin unterstützen, zu einem aufblühenden, friedlichen Kontinent zu werden, den seine Menschen nicht mehr verlassen wollen. Für Länder wie die DRK gilt, dass hier kompetente und legitimierte Institutionen geschaffen werden müssen, die Staatsführung muss das Gewaltmonopol zurückerobern und es müssen Programme gestartet werden, die wirtschaftliche Entwicklung des Landes in legale Wege zu leiten (45). Und darin bietet die Digitalisierung Chancen: 30 Millionen Menschen in 10 Ländern nutzen zum Beispiel den kenianischen Bezahlendienst M-Pesa - das M steht für „mobil“; Pesa ist Swahili für „Geld“. Dieser macht Überweisungen per SMS möglich und braucht kein teures Filialnetz. Hier hat die Digitalisierung einfach das Überspringen einer großen Hürde ermöglicht: Ein reguläres Giro-Konto ist in Kenia für die normale Bevölkerung zu teuer, daher ist M-Pesa seit 2007 im Aufschwung und zeigt eine erstaunliche Verbreitung. Ursprünglich als Zahlungsmittel für Mikrokredite gedacht, wurde M-Pesa rasch dafür eingesetzt, um Geld von städtischen Zentren in ländliche Heimatorte zurückzuschicken: Ein

Familienmitglied, das zum Beispiel in Nairobi arbeitet, kann mit wenigen Taps auf seinem Mobiltelefon Geld nach Hause schicken. Zuhause kann die Familie sich in den zunehmend verbreiteten Geschäften mit M-Pesa-Agenten auszahlen lassen. Oder kann Geld auf ihrem Gerät belassen, um damit bei den ebenfalls mehr und mehr Geschäften zu bezahlen, die M-Pesa akzeptieren (46). 41 Prozent der kenianischen Bevölkerung, darunter mehr als zwei Drittel der erwachsenen Bevölkerung nutzen den Dienst und ein Viertel der Volkswirtschaft des Landes fließt darin. Möglich war das u.a. aufgrund der Durchdringung von Mobiltelefonen in Afrika von 3 Prozent im Jahr 2002 auf 48 Prozent im Jahr 2010 und knapp 70 Prozent 2016 (47). Aufgrund dieser Verbreitung von IKT in Afrika, die bald mit Industrienationen vergleichbar ist, sind mehr als 200 ähnliche Systeme wie M-Pesa in aufstrebenden Märkten entstanden. Trotzdem darf man das mobile Bezahlen auf dem afrikanischen Kontinent nicht mit einer finanziellen Inklusion verwechseln. Während das mobile Bezahlen per Smartphone in den USA und Europa beinhaltet, per Fernzugriff auf ein Bankkonto zuzugreifen, ersetzen Mobiltelefone in Entwicklungsländern häufig die Bankkonten. Das bedeutet, dass keine Möglichkeit damit verbunden ist, Vorteile des formellen Bankwesens zu nutzen: verzinsliche Sparprodukte und die Erstellung einer Finanzaufzeichnung, um die Kreditwürdigkeit zu belegen.

Allerdings hat Safaricom - das Telekommunikationsunternehmen hinter M-Pesa - eine Antwort für Kund*innen, die Interesse an Zinsen und Krediten haben: Inzwischen gibt es mit Unterstützung der Commercial Bank of Africa M-Shwari ein zinstragendes Sparkonto, das ebenfalls Mikrokredite anbietet. Es kann mehr als 1,2 Millionen aktive Benutzer*innen vorweisen. (48)

EIN DIGITALISIERUNGS-BOOM MIT HINDERNISSEN

Auf diesem Kontinent, der neun der 15 am schnellsten wachsenden Volkswirtschaften der Welt beheimatet, boomt die Digitalisierung. Damit wird Afrika ein zunehmend attraktives Umfeld für globale Geschäftsinvestitionen. Das zeigt sich auch am Beispiel Südafrika, welches große technologische Fortschritte gemacht hat. 2018 sind knapp 150 Millionen Geräte in Südafrika vernetzt, was durchaus Potenzial zeigt, Wachstum voranzutreiben und das soziale und wirtschaftliche Wohlbefinden zu steigern.

Mit dem fortschrittlichsten Netzwerk des Kontinents hat der Telekommunikationssektor Südafrikas bereits Millionen von Bürger*innen zusammengeschlossen und Tausende von Arbeitsplätzen geschaffen. Um diese Chance zu nutzen, müssen Unternehmen und die Regierung zusammenarbeiten, um der südafrikanischen Bevölkerung den Zugang zu erschwinglichen, zuverlässigen Technologien zu erleichtern. Durch die Verbesserung des Zugangs zu den Werkzeugen der globalen Wirtschaft - wie Telefone, Computer und Internet - können Bevölkerungsanteile in benachteiligten Gemeinden die Fähigkeiten erlernen, die sie zum Erfolg brauchen (49).

Trotzdem muss betrachtet werden, dass es nicht reicht, viele vernetzte Geräte und Mobiltelefone zu verteilen. Obwohl beinahe 386 Millionen Afrikaner*innen Ende 2016 ein Mobiltelefon besaßen, ist es noch ein weiter Weg, das gesamte Potenzial dieses Technologiesprungs auszuschöpfen. Es hakt nach wie vor an einem der größten Stolperfallen für die Entwicklung des Kontinents: Chancengleichheit. Mit einfachen und alten Geräten und anfälliger Infrastruktur gibt man einer großen Menge an talentierten und wissenshungrigen Menschen zwar eine basale Starthilfe, aber keine höhere Ausbildungsmöglichkeiten, die diese Menschen brauchen und verdienen. Das bedeutet, dass Möglichkeiten

sehr dünn gestreut sind, einen Abschluss in Informatik oder Ingenieursstudiengängen zu bekommen, die auf Computertechnologie spezialisiert sind (50).

Aber ein zunehmend vernetztes Land wird die Nachfrage nach Arbeitsplätzen für ausgebildete Fachkräfte mit Kenntnissen in Informations- und Kommunikationstechnologie fördern, was wiederum dazu beitragen wird, die Netzwerke aufrechtzuerhalten, die das Rückgrat des wirtschaftlichen Wohlstands bilden.

AUSBLICK

Es gibt also viele Hoffnungen, aber es ist noch ein langer Weg und große Erwartungen des ‚Leapfroggings‘ – des Sprungs in die Moderne unter Auslassung der Industrialisierungsphase sind deutlich übertrieben. Dem Kontinent wurden viel zu häufig die Beine unter dem Bauch weggezogen und ohne respektvolle Begegnung auf Augenhöhe und Hilfe zur Selbsthilfe, wird auch die Digitalisierung eine verpasste Chance sein. Aktuell deutet sich nämlich an, dass die Supermacht China versucht, einen billigen Deal – Infrastrukturen gegen Land – zu schließen, was sich in keiner Weise vom Ressourcen-Imperialismus europäischer und US-amerikanischer Provenienz unterscheidet. Heute braucht Afrika uns. Morgen brauchen wir Afrika. Das Solar-Unternehmen M-Kopa hat nach eigenen Angaben über einer halben Million Haushalten Zugang zu günstigem Strom gebracht (51). Und Sonne gibt es auf diesem Kontinent mehr als genug. Der Kongo bietet genug Wasserkraft, um den halben Kontinent mit Energie zu versorgen. Am Ende würde auch Europa profitieren von Energieexporten aus Afrika und von regenerativ hergestellten Nahrungsmitteln. Eine kluge, gerechte und langfristig ausgerichtete Digitalisierungspolitik könnte eine Brücke zwischen den Kontinenten bauen, die stabiler, sicherer und vor allem menschlicher ist als Schlauchboote auf dem Ozean.

Zuvor wurde es als paradox bezeichnet, dass die Digitalisierung einerseits Leid und Unrecht, aber auch Chancen der Entwicklung für den afrikanischen Kontinent bietet. Genauer betrachtet ist es nicht paradox – es ist eine Frage der Randbedingungen. Denn ob in Afrika oder in anderen Gebieten der Erde muss verstanden werden: Digitalisierung ist immer nur ein Mittel, ein Werkzeug und kein Ziel. Welcher Weg mittels Digitalisierung eingeschlagen wird – nachhaltig und gerecht oder blinder Technokratie folgend – ist eine Frage gemeinsamer Lenkung von Gesellschaft, Wirtschaft und Politik. Aber Digitalisierung ist – wie gezeigt – eine große Chance, nicht zuletzt für die Mobilität. Mobilität ist ein essentielles Element von Gesellschaften, denn Gesellschaften funktionieren nicht ohne sie. Die Straßen, die Bahnhöfe, die Flughäfen sind wie die Blut- und Nervenbahnen der modernen Gesellschaften. Aber wir können und müssen sie anders gestalten, nämlich nachhaltiger. Jede Form von Mobilitätswirtschaft, die nicht nachhaltig ist oder die es nicht schafft, sich in den nächsten Jahren zu einer nachhaltigen Wirtschaft zu transformieren, wird keine erfolgreiche sein. Digitalisierung bietet uns tolle Chancen für eine nachhaltigere Mobilität, zum Beispiel durch Reduzierung privater PKWs in Folge der Etablierung autonomer Ruftaxis. Dies darf aber nicht zu Kosten der Länder des globalen Südens gehen. Auch hier müssen Wege gefunden werden.

QUELLEN

- 1 Vgl. de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonennutzer-in-deutschland-seit-2010/
- 2 Vgl. gartner.com/newsroom/id/3609817
- 3 Vgl. Dunn, Jeff 2017: People are holding onto their smartphones longer; businessinsider.de/how-long-people-wait-to-upgrade-phones-chart-2017-3?r=US&IR=T
- 4 Vgl. globalslaveryindex.org/2018/findings/highlights/
- 5 Vgl. Margolin, Madison 2016: The Periodic Table of iPhone Elements; motherboard.vice.com/en_us/article/the-periodic-table-of-iphone-elements
- 6 von Gernet, Ksenia / Gordon, Rebecca / Dai, Ying 2017: Cobalt Market Strategy Support |CRU; crugroup.com/knowledge-and-insights/case-studies/cobalt-market-strategy-support/
- 7 Elsner, Christine 2018: Rohstoffe für Akkus: E-Autos: Ein nur scheinbar sauberes Geschäft; zdf.de/uri/30b61876-0d8e-4706-9332-7c9fe0b81582
- 8 Vgl. Woyke, Elizabeth 2014: The Smartphone. Anatomy of an Industry, New York
- 9 Vgl. Usanov, Artur / De Ridder, Marjolein / Auping, Willem et al. 2013: Coltan, Congo and Conflict, The Hague Centre for Strategic Studies, Rapport No 21
- 10 Titz, Christoph 2017: Tote Blauhelme im Ostkongo: „Die Armee spielt eine Doppelrolle“. Spiegel Online; spiegel.de/politik/ausland/kongo-uno-blauhelme-womoeglich-von-regierungstruppen-getoetet-a-1182928.html
- 11 Vgl. Masisi, Jason Burke. 2018. „The Wars Will Never Stop‘: Millions Flee Bloodshed as Congo Falls Apart“. The Guardian, April 3
- 12 Vgl. data2.unhcr.org/en/situations/drc
- 13 Vgl. Smoeas, Tanguy 2012: Agricultural Development in the Democratic Republic of the Congo, in: Global Growing Casebook. Insights into African Agriculture, 66-85; http://global-growing.org/sites/default/files/GG_Casebook.pdf
- 14 Vgl. Sutherland, Ewan 2001: Coltan, the Congo and your cell phone, University of the Witwatersrand
- 15 Vgl. Usanov, Artur / De Ridder, Marjolein / Auping, Willem et al. 2013: Coltan, Congo and Conflict, The Hague Centre for Strategic Studies, Rapport No 21
- 16 Vgl. Simone Schlindwein, Dominic Johnson: Wie das Blut vom Erz gewaschen wird. In: die tageszeitung. 4./5. Juli 2009
- 17 von Gernet, Ksenia / Gordon, Rebecca / Dai, Ying 2017: Cobalt Market Strategy Support |CRU; crugroup.com/knowledge-and-insights/case-studies/cobalt-market-strategy-support/
- 18 Vgl. Hayes, Karen / Burge, Richard 2003: Coltan Mining in the Democratic Republic of Congo: How tantalum-using industries can commit to the reconstruction of the DRC, Cambridge, UK
- 19 Vgl. Peterman, Amber / Palermo, Tia / Bredenkamp, Caryn 2001: Estimates and Determinants of Sexual Violence Against Women in the Democratic Republic of Congo, American Public Health Association
- 20 Vgl. globalslaveryindex.org/2018/methodology/overview/
- 21 Vgl. Usanov, Artur / De Ridder, Marjolein / Auping, Willem et al. 2013: Coltan, Congo and Conflict, The Hague Centre for Strategic Studies, Rapport No 21
- 22 Vgl. Woyke, Elizabeth 2014: The Smartphone. Anatomy of an Industry, New York
- 23 Kallweit, Jennifer 2017: Prognose: VW braucht 25 Prozent des weltweiten Lithiums; automobilproduktion.de/hersteller/wirtschaft/prognose-vw-braucht-25-prozent-des-weltweiten-lithiums-271.html
- 24 Elsner, Christine 2018: Rohstoffe für Akkus: E-Autos: Ein nur scheinbar sauberes Geschäft; zdf.de/uri/30b61876-0d8e-4706-9332-7c9fe0b81582
- 25 Vgl. McNeely, Jeffrey A. 2003: Conserving Forest Biodiversity in Times of Violent Conflict, IUCN
- 26 Vgl. Koesch, Sascha / Magdanz, Fee / Stadler, Robert 2008: Handys bedrohen Gorilla-Bestand. In: Spiegel Online. 27. April 2008; spiegel.de/netzwelt/mobil/rohstoff-abbau-handys-bedrohen-gorilla-bestand-a-549781.html
- 27 Koudissa, Jonas 1999: Was könnte Zentralafrika von der Schweiz lernen?, in: der Überblick 2/99, Hamburg

- 28 Vgl. Sepulveda, Alejandra / Schluep, Mathias / Hagelüken, Christian et al. 2010: A Review of the Environmental Fate and Effects of Hazardous Substances Released from Electrical and Electronic Equipments during Recycling: Examples from China and India, in: Environmental Impact Assessment Review, Januar 2010
- 29 Vgl. unu.edu/media-relations/releases/step-launches-interactive-world-e-waste-map.html#info
- 30 Vgl. greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/electronics/the-e-waste-problem/
- 31 Vgl. Woynke, Elizabeth 2014: The Smartphone. Anatomy of an Industry, New York
- 32 Vgl. ebd.
- 33 Vgl. Shibata, Mari 2015: Inside the World's Biggest E-Waste Dump; motherboard.vice.com/en_us/article/inside-the-worlds-biggest-e-waste-dump
- 34 Vgl. Kuper, Jo / Hojsik, Martin 2008: Poisoning the Poor, Greenpeace.org; greenpeace.org/denmark/Global/denmark/p2/other/report/2008/poisoning-the-poor-electroni.pdf
- 35 Vgl. Sepulveda, Alejandra / Schluep, Mathias / Hagelüken, Christian et al. 2010: A Review of the Environmental Fate and Effects of Hazardous Substances Released from Electrical and Electronic Equipments during Recycling: Examples from China and India, in: Environmental Impact Assessment Review, Januar 2010
- 36 Vgl. scientificamerican.com/article/e-waste-dump-among-top-10-most-polluted-sites/
- 37 Vgl. greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/
- 38 Vgl. Kuper, Jo / Hojsik, Martin 2008: Poisoning the Poor, Greenpeace.org; greenpeace.org/denmark/Global/denmark/p2/other/report/2008/poisoning-the-poor-electroni.pdf
- 39 Vgl. umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalien-management/stockholm-konvention
- 40 Vgl. umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalien-management/die-rotterdam-konvention
- 41 Vgl. base1.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx
- 42 Stoll, Jonas 2017: Elektroaltgeräte; umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/elektroaltgeraete
- 43 Sørbye, Ida Eri / Vee, Marthe / Eriksen, Freja / Akinbajo, Idris / Bauer, Franziska 2017: Illegale Exporte: Deutscher Elektroschrott verseucht Nigeria. Spiegel Online; spiegel.de/wirtschaft/nigeria-wie-elektroschrott-aus-deutschland-das-land-verseucht-a-1155116.html
- 44 Vgl. Kuper, Jo / Hojsik, Martin 2008: Poisoning the Poor, Greenpeace.org; greenpeace.org/denmark/Global/denmark/p2/other/report/2008/poisoning-the-poor-electroni.pdf
- 45 Vgl. Usanov, Artur / De Ridder, Marjolein / Auping, Willem et al. 2013: Coltan, Congo and Conflict, The Hague Centre for Strategic Studies, Rapport No 21
- 46 Vgl. Twomey, Matt 2013: Cashless Africa: Kenya's smash success with mobile money; cnbc.com/2013/11/11/cashless-africa-kenyas-smash-success-with-mobile-money.html
- 47 Vgl. Waidner, Jannik 2016: Handyboom in Afrika - Technik, die die Welt verändert; 3sat.de/page/?source=/makro/magazin/doks/190290/index.html
- 48 Vgl. Twomey, Matt 2013: Cashless Africa: Kenya's smash success with mobile money; cnbc.com/2013/11/11/cashless-africa-kenyas-smash-success-with-mobile-money.html
- 49 Vgl. Chambers, Jeff 2015: Why digitization is an opportunity for Africa; weforum.org/agenda/2015/06/why-digitization-is-an-opportunity-for-africa/
- 50 Vgl. Chonghaile, Clár Ní 2016: Africa and the tech revolution: what's holding back the mobile continent? - podcast transcript; theguardian.com/global-development/2016/jul/26/africa-and-the-tech-revolution-whats-holding-back-the-mobile-continent-podcast-transcript
- 51 Vgl. Scherer, Katja 2017: Digitalisierung für Afrika: ‚Viel zu starker Glaube an die Macht des Marktes‘. heise online; heise.de/newsticker/meldung/Digitalisierung-fuer-Afrika-Viel-zu-starker-Glaube-an-die-Macht-des-Marktes-3889824.html

RESSOURCENSICHERUNG DURCH RECYCLING VON SEKUNDÄRROHSTOFFEN

Anja Rietig, Prof. Dr. Jörg Acker
Brandenburgische Technische Universität
Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Physikalische Chemie,
01968 Senftenberg, anja.rietig@b-tu.de, joerg.acker@b-tu.de

In einem rasant wachsenden Markt für Elektrofahrzeuge liegt eines der Hauptaugenmerke auf der Entwicklung und Optimierung von Energiespeichern mit hoher Leistung, hoher Kapazität, hoher Laderate und langer Lebensdauer, die bisher nur mit der Lithium-Ionen-Batterie-Technologie in ausreichendem Maße gewährleistet werden kann. Die am häufigsten verwendeten Kathodenmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien in Elektrofahrzeugen [1] gehören zur einer Gruppe von geschichteten Übergangsmetallmischoxiden der Form $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ (mit $(x+y) \in [0,1]$). [2]

Die weltweite Nachfrage nach leistungsstarken Lithium-Ionen-Batterien, nicht nur in Elektrofahrzeugen, sondern auch der Unterhaltungselektronik, erhöht auch die Nachfrage an den wesentlichen Elementen Nickel, Mangan und vor allem Kobalt und Lithium. Während kleine Akkumulatoren eines Mobiltelefons nur wenige Gramm der wertvollen Elemente enthalten, sind in einem Elektrofahrzeug je nach Typ allein 10 - 15 kg Kobalt zu finden. Bereits seit Jahren ist Kobalt das wertvollste und kritischste Rohmaterial [3], das für Batterien benötigt wird. Während im Jahr 2005 der Anteil der in der EU aus Kobalt hergestellten Endprodukte noch zu 25% auf die Herstellung von Batteriechemikalien entfiel, betrug dieser im Jahr 2015 bereits 42%. Neueste Prognosen schätzen sogar einen Anstieg auf 70% des weltweit geförderten Kobalts. [4] Zur Deckung des Bedarfes an Kobalt und anderen notwendigen Elementen werden Lithium-Ionen-Batterien am Ende ihrer Lebensdauer zu einer unverzichtbaren Sekundärquelle.

Aber nicht allein der Bedarf an Metallen, die zur Herstellung von Kathoden eingesetzt

werden, steigt. Die zunehmende Elektrifizierung der Antriebsstränge führt auch unweigerlich dazu, dass in den Fahrzeugen mehr Elektronik verbaut wird. Während die Nachfrage der Platingruppenelemente Platin, Palladium und Rhodium aufgrund der nicht mehr notwendigen Katalysatoren sinken wird, dürfte die Nachfrage an Leitungsmetallen wie Kupfer, Silber und Gold steigen. Auch Tantal, das für die Herstellung von leistungsfähigen Kondensatoren benötigt wird sowie die Gruppe der seltenen Erden, von denen etwa Neodym für die Herstellung von Permanentmagneten in Elektromotoren Verwendung findet, werden in ihrer Nachfrage steigen. Somit wird auch der in enormem Umfang anfallende Elektronikschrott zu einer wichtigen Sekundärrohstoffquelle.

FUNKTIONELLES RECYCLING VON KATHODENMATERIALIEN

Zur Rückgewinnung von Wertstoffen aus gebrauchten Lithium-Ionen-Batterien haben sich bisher zwei wesentliche Technologien etabliert: das pyrometallurgische und das hydrometallurgische Verfahren. [5]-[8]

Das pyrometallurgische Verfahren beschreibt einen Schmelzprozess, in dem gebrauchte Lithium-Ionen-Batterien ohne jede Vorbehandlung vollständig eingeschmolzen werden. Dabei wird der Schmelzprozess durch die in der Batterie enthaltenen organischen Materialien, die als Brennstoff fungieren, aufrechterhalten. Metalle wie Kobalt, Nickel und Kupfer (Anodenfolie), die so in einer Schmelze erhalten werden, lassen sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Schmelztemperaturen gut voneinander trennen. Lithium, Mangan und Aluminium hingegen bleiben in der Schlacke zurück und müssen in einem zweiten Schritt extrahiert werden. Das Aufschmelzen im Hochofen ist jedoch sehr energieaufwendig und emittiert zudem Stäube sowie gefährliche Gasverbindungen. Zudem werden für die Herstellung neuer Batteriematerialien die Metalle nicht

in elementarer Form gebraucht, sondern als Verbindungen, wie Oxide oder Salze. Folglich schließen sich an den Hochofenprozess bereits erste hydrometallurgische Schritte an, in denen die aus der Schmelze gewonnene Phase aus Kobalt, Nickel und Kupfer in Säurelösungen gewaschen und durch chemische Fällung die Metalle als anorganische Salze gewonnen werden.

Im hydrometallurgischen Verfahren werden demontierte und geschredderte Lithium-Ionen-Batterien mit starken anorganischen Säuren ausgelaugt, um die Metalle und Batteriematerialien zu lösen. Die größte Herausforderung ist anschließend die selektive Trennung der Ionen aus den konzentrierten Metallionenlösungen. Diese wird mithilfe von Fällungen oder elektrochemischer Abscheidung realisiert. Verluste sind hier im Besonderen auf unzureichende Auslaugung und Trennung der Metallsalze zurückzuführen.

Vor kurzem wurde ein kombinierter Weg, bestehend aus mechanischer Behandlung (Zerkleinerung der Kathoden und mechanische Trennung von Al-Substratfolien und NMC) und hydrometallurgischer Behandlung (Auflösung von NMC und Metallrückgewinnung daraus), beschrieben [13].

HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE CHEMISCHE ANALYTIK

Unabhängig von der gewählten Recycling-Technologie zur Rückgewinnung der Wertstoffe im Kathodenmaterial von Lithium-Ionen-Batterien liegt ein großer Fokus der Arbeiten auf der Einwicklung, Anpassung und Optimierung einer prozessbegleitenden Analytik. Diese muss sich in jedem Schritt des Verfahrens durch eine hohe Richtigkeit und Präzision auszeichnen. Während die chemische Analyse von Kathodenausgangsmaterialien (Abbildung 1 a, b) aufgrund der homogenen Zusammensetzung und guten Löslichkeit in anorganischen Säuren noch weitgehend unkompliziert ist, stellt bereits die Analyse ganzer Kathodenfolienabschnitte eine erhöhte Problematik dar. In der Kathode ist das Aktivmaterial $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ (kurz: NMC) zusammen mit einem organischen Binder und dem benötigten Leitruß als Aktivschicht beidseitig auf einem Aluminiumsubstrat aufgebracht (Abbildung 1c, Abbildung 5). Dabei variieren die Dicken des Aluminiumsubstrats und der Aktivschicht, der NMC-Gehalt sowie Haftung der Schicht am Substrat je nach Hersteller.

Sowohl für den chemischen Aufschluss einer Folie als auch bei mechanisch zerkleinerten Fraktionen ist aufgrund des enthaltenen chemisch sehr resistenten Bindermaterials PVDF eine Optimierung der Aufschlussprozedur not-

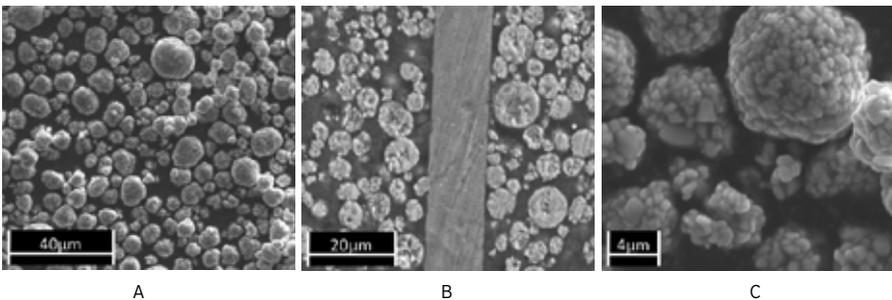


Abbildung 1. REM Aufnahmen eines NMC-Ausgangsmaterials (a), (b) und des Anschliffes einer Kathodenfolie [11]

	NMC	AI	Binder/Ruß
HD-A1	(79,2 ± 0,5)%	(0,79 ± 0,01)%	(20,2 ± 0,5)%
HD-A2	(81,2 ± 2,2)%	(0,85 ± 0,03)%	(17,9 ± 2,2)%
HD-A3	(84,3 ± 2,0)%	(0,85 ± 0,03)%	(14,9 ± 2,0)%
HD-A4	(86,5 ± 0,7)%	(0,87 ± 0,02)%	(12,6 ± 0,7)%

Tabelle 1. Probenzusammensetzung einer Recyclingfraktion für verschiedene Aufschlussverfahren (Abbildung 2) mit Berücksichtigung der Ergebnisunsicherheiten [9]

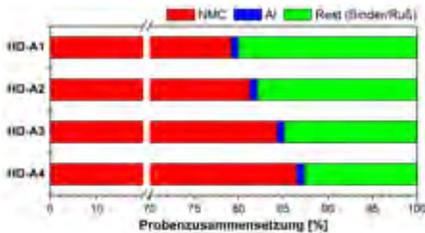


Abbildung 2. Ermittelte Probenzusammensetzung einer Recyclingfraktion für verschiedene Aufschlussverfahren [9]

wendig, da etwa vom Binder vollständig eingeschlossene NMC-Partikeln von klassischen Aufschlussmedien nicht erreicht und so der anschließenden Analyse entzogen werden.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurde daher ein mikrowellengestützter Hochdruckaufschluss (kurz: HD-A) entwickelt [9], der sich durch einen minimalen Chemikalieneinsatz und eine kurze Aufschlussdauer auszeichnet. Abbildung 2 und Tabelle 1 zeigen die Entwicklung der bei einer Analyse erhaltenen Ergebnisse für verschiedene Aufschlussvarianten, durchgeführt an einer Recyclingfraktion aus einem mechanischen Recyclingprozess.

Da die nachfolgende Analyse mittels Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (kurz: ICP-OES) erfolgte, die lediglich die Analyse der Metalle und ausgewählter Nichtmetalle erlaubt, ist der in Tabelle 1 angegebene Anteil an Binder und Leiruß lediglich

ein rechnerisches Ergebnis. [9] Gleichwohl verdeutlichen die Ergebnisse nicht nur, wie wichtig die Wahl eines geeigneten Aufschlusses für das Analysenergebnis ist, sondern auch, wie hoch der Wertmetallverlust bei hydrometallurgischen Recyclingverfahren ausfallen kann.

Betrachtet man nun derartig mechanisch zerkleinerte und getrennte Recyclingfraktionen (Abbildung 3) ergeben sich zwei weitere entscheidende Punkte, an denen das Analyseverfahren umfangreich zu optimieren ist. Da es sich um partikuläre Fraktionen mit hohen Unterschieden in Partikelgröße und Dichte handelt, bekommt die statistische Absicherung der Probenahme, insbesondere bei der Analyse von Minderkomponenten eine immense Bedeutung. Probenteilungspläne, Homogenisierung sowie eine sinnvolle Anzahl an Probenaufschlüssen mit repräsentativen Probemengen tragen maßgeblich zur Präzision der späteren Analyseergebnisse bei und wurden in umfangreichen Versuchsreihen auf ihr Optimum hin geprüft.

Zudem erfordert die stark variierende Zusammensetzung der Fraktionen, auch in Abhängigkeit des Aufbereitungsverfahrens eine stete Überprüfung der nachfolgenden ICP-OES Analyse. So führt etwa ein hoher Lithiumgehalt in der Analyselösung zu einer so genannten Aufladung des analytischen Plasmas durch freie Elektronen, was mit einer Signaldepression für zahlreiche andere Emissionslinien einhergeht. Abbildung 4

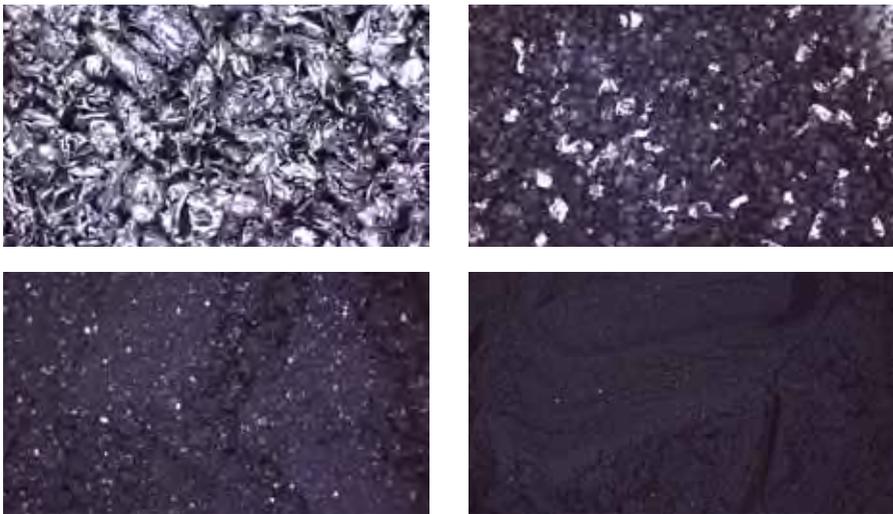
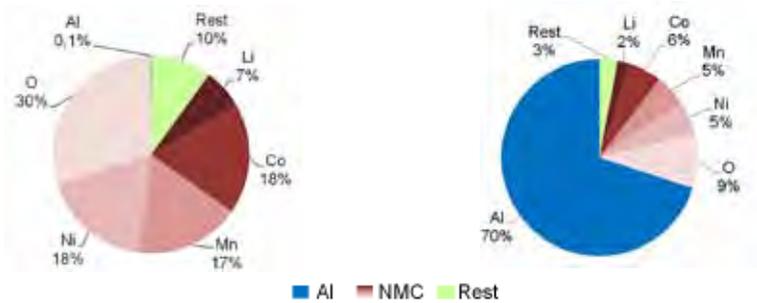


Abbildung 3. Lichtmikroskopische Aufnahmen von Fraktionen einzelner Prozessstufen (6,5-fach), von links: Al-reichste Fraktion, Al-reiche Fraktion mit mittlerem NMC-Anteil, NMC-Fraktion mit mittlerem Al-Anteil, NMC-Fraktion mit Al-Anteil < 1% [9]

links verdeutlicht dies für drei ausgewählte Emissionslinien des Aluminiums, wo ein erhöhter Lithiumgehalt zu einem Minderbefund von bis zu 10% führen kann. Setzt man der Analytlösung neben Lithium weitere Elemente des NMC zu, werden zudem durch den Anstieg der relativen Intensitäten spektrale Interferenzen deutlich. [9] Abbildung 4 rechts zeigt die Interferenzen von Kobalt und Nickel auf der Emissionslinie 394,401 nm des Aluminiums.

Ausgewählt wurde hier zur Darstellung speziell die Analyse der Verunreinigungen an Aluminium im Aktivmaterial. Bereits in geringen Mengen kann dieses durch Mitfällung in hydrometallurgischen Aufbereitungstechniken, z.B. als Hydroxid, bei der anschließenden Herstellung neuer Aktivmaterialien zu einem nahezu vollständigen Verlust der elektrochemischen Funktionalität führen, was die Bedeutung dieser Nebenkomponente unterstreicht. [13],[14]

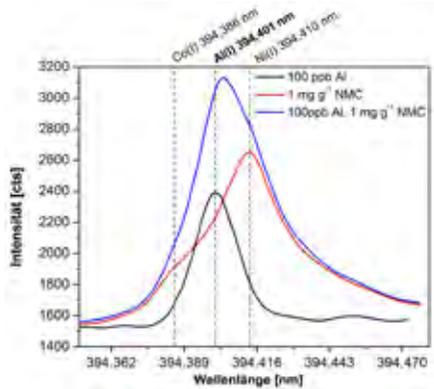
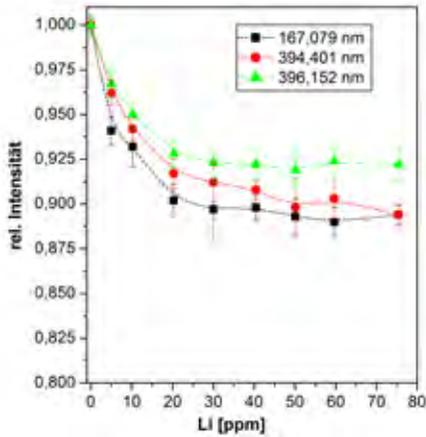


Abbildung 4. Entwicklung der Intensitäten ausgewählter Emissionslinien des Aluminium mit steigendem Lithiumgehalt (links); Spektrale Störungen auf der Emissionslinie des Aluminium bei 394,4 nm durch NMC-Komponenten [9]

NEUARTIGER ANSATZ

Die Motivation der Arbeiten liegt darin, die energie- und chemikalieneaufwändigen pyrometallurgischen und hydrometallurgischen Recyclingwege und ihre spezifischen Nachteile zu vermeiden. Ziel ist es, die Grundlagen für einen Ansatz zur Rückgewinnung von NMC unter Beibehaltung seiner chemischen, physikalischen und morphologischen Eigenschaften bei minimalem Chemikalieneinsatz zu liefern. Der Ansatz des funktionellen Recyclings kann auf Kathoden von demontierten und getrennten Lithium-Ionen-Batterien sowie auf Rückstände oder Schrott aus der Kathodenproduktion angewendet werden.

Basierend auf dem Design der Kathode (Abbildung 5) ist der erste Schritt die Trennung von Kathodenbeschichtung (bestehend aus NMC, Binder und Leitruß) vom Aluminiumsubstrat.

Abbildung 5. Schema für das funktionelle Recycling von Kathoden aus Lithium-Ionen-Batterien zur Rückgewinnung von NMC [11]. Die Trennung von Aluminiumsubstrat und Kathodenbeschichtung lässt sich im Labormaßstab prinzipiell durch verschiedene Säuren, Säuremischungen und Basen und sogar durch Wasser, unterstützt durch Rühren, realisieren (Abbildung 6). Die Herausforderung

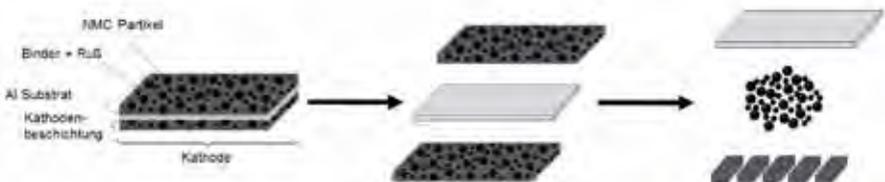


Abbildung 5. Schema für das funktionelle Recycling von Kathoden aus Lithium-Ionen-Batterien zur Rückgewinnung von NMC [11]



Abbildung 6. Trennung von Aluminiumsubstrat und Kathodenbeschichtung durch den Einsatz verschiedener anorganischer Säuren. Die Separierung erfolgt bereits nach wenigen Sekunden, wobei lediglich beim Einsatz konzentrierter Salpetersäure auch das Substrat weitgehend zurückgewonnen werden kann. [12]

dabei bleibt jedoch die Wahl eines optimalen Mediums, da die verschiedenen Säuren und Basen zu erheblicher Degradation des NMC und zum Angriff auf das Aluminium-Substrat führen. Demnach sollte dieses optimale Medium gegenüber dem NMC und dem Aluminiumsubstrat so wenig reaktiv wie möglich sein. Gleichzeitig sind die Kontaktzeiten mit dem Medium so kurz wie möglich zu halten, damit die NMC-Partikel keine Degradation erfahren.

Dieser Behandlung folgt im Wesentlichen ein zweiter, in den folgenden Betrachtungen nicht berücksichtigter Schritt, bei dem die chemisch abgetrennte Beschichtung getrocknet und mechanisch zerkleinert wird, um die NMC-Partikel aus dem Bindemittel/Rußgemisch freizusetzen und zu trennen.

Abbildung 6. Trennung von Aluminiumsubstrat und Kathodenbeschichtung durch den Einsatz verschiedener anorganischer Säuren. Die Separierung erfolgt bereits nach wenigen Sekunden, wobei lediglich beim Einsatz konzentrierter Salpetersäure auch das Substrat weitgehend zurückgewonnen werden kann. [12]

Im Allgemeinen konnte durch die Behandlung eines NMC-Ausgangsmaterials mit Medien verschiedener pH-Werte gezeigt werden, dass das NMC, gemessen an den im Lösungsmedium nachweisbaren Elementgehalten an Nickel, Mangan, Kobalt und Lithium in

sauren Medien die größte Degradation erfährt. Dabei tritt Lithium stöchiometrisch überproportional aus dem NMC-Material aus. [10] Dieser Effekt wird nach Billy et al. durch einen Ladungsausgleich an der Oberfläche des NMC-Partikels begünstigt. [16] Zudem zeigt sich, dass auch die Metalle nicht in ihrem stöchiometrischen Verhältnis in der Verbindung $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ ($x = y = 1/3$) in Lösung gehen. So wird bevorzugt Nickel aus dem Mischoxid extrahiert bevor signifikante Mengen an Mangan und Kobalt in die Lösung übergehen. [10]

Ferner ist eines der angesetzten Kriterien, das die Wiederverwertung des gewonnenen NMC erst möglich macht, der Erhalt von Partikelgröße und Morphologie des Wertstoffes NMC. Bei der Behandlung mit sauren Medien konnte ein Zusammenhang der Effizienz der Lithium-Auslaugung mit dem Sekundärpartikelabbau nachgewiesen werden. [11] Dafür wurden die NMC-Partikel bei Raumtemperatur in eine niedrig konzentrierte Zitronensäure ($c = 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 2,93$) eingelegt. Abbildung 7 zeigt die Veränderung der Partikel mit zunehmender Behandlungsdauer anhand von REM-Aufnahmen. Nach 30 Minuten zeigte die ICP-OES Analyse eine Lithiumauslaugung von 0,5% des Ausgangsgehaltes, während an den Partikeln noch keine Veränderung sichtbar ist (Abbildung 7a). Nach 300 Minuten, wo die Lithiumanreicherung 1,6% beträgt, werden erste Veränderungen der NMC-Partikel sichtbar. Die mittlere Par-

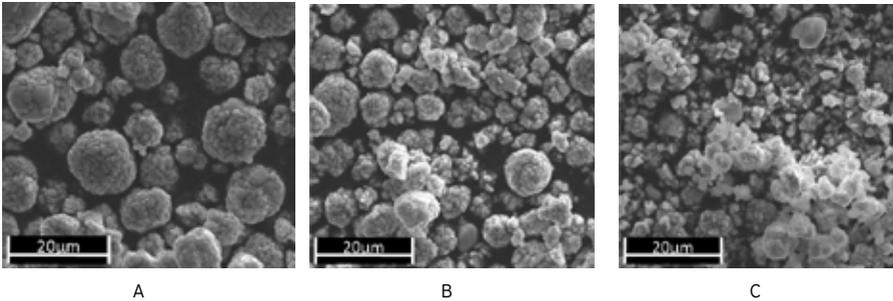


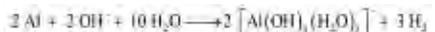
Abbildung 7. REM Aufnahmen von NMC-Partikel nach Behandlung mit Zitronensäure für (a) 30 min, Li-Abreicherung 0,5%, (b) 300 min, Li-Abreicherung 1,6% und (c) 1800 min, Li-Abreicherung 2,2% [11]

tikelgröße wird reduziert und die Zahl von Primärpartikeln nimmt zu (Abbildung 7b). Nach einer Behandlungszeit von mehr als einem Tag und einer Lithiumabreicherung \pm 2% tritt schließlich ein massiver Zerfall der Sekundärpartikel ein (Abbildung 7c).

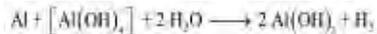
Abbildung 7. REM Aufnahmen von NMC-Partikel nach Behandlung mit Zitronensäure für (a) 30 min, Li-Abreicherung 0,5%, (b) 300 min, Li-Abreicherung 1,6% und (c) 1800 min, Li-Abreicherung 2,2% [11]

Einer erheblich geringeren chemischen Degradation unterliegen die NMC-Partikel bei der Laugung in neutralen und alkalischen Medien. Erst die Behandlung von mehr als 10 h führt zu einer Lithiumabreicherung, die mit der Zerstörung der Sekundärpartikel einhergeht. Das Auflösen der Metalle Nickel, Kobalt und Mangan kann nur in Spuren nachgewiesen werden. Die Beschreibung der chemischen Vorgänge in neutralen und alkalischen Medien zur Behandlung des Materials können im Folgenden zusammengefasst werden. Grund hierfür ist ein sofortiger Anstieg des pH-Wertes bei Kontakt des NMC-Materials mit Wasser auf einen Wert von $\text{pH} \geq 9$. Dies ist mit einer unmittelbaren oberflächlichen Lithiumfreisetzung zu erklären, deren Ladung durch Protonen aus dem wässrigen Medium kompensiert werden muss. [16]

Versetzt man eine vollständige Kathodenfolie oder eine Aluminium-haltige geschredderte Fraktion mit Wasser, beginnt sich das Aluminium durch den steigenden pH-Werte zu lösen. Dies geht mit einer lokalen Blasenbildung einher. Gemäß Gleichung 1 wird unter Freisetzung von Wasserstoff der leicht lösliche Tetrahydroxaluminatkomplex gebildet. [15]



Solange die Lösung alkalisch ist, steigt der Aluminiumgehalt mit der Behandlungszeit weiter an. Ab einem bestimmten Punkt sinkt die Aluminiumkonzentration deutlich (Abbildung 8, links) und ein weißer Niederschlag von Aluminiumhydroxid wird sichtbar (Gl. 2). Dies geht mit einer Abnahme des pH-Wertes einher.



Das Aluminiumhydroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$) legt sich dabei als diffuse, trübe Schicht auf den NMC-Partikeln nieder. (Abbildung 8, rechts)

Die Ablagerung von Hydroxiden auf der Oberfläche der sphärischen NMC-Partikel kann bis zu einem vollständigen Verlust der elektrochemischen Eigenschaften des Materials führen [14] und muss damit im Rückgewinnungsprozess unbedingt unterbunden werden. Hierfür

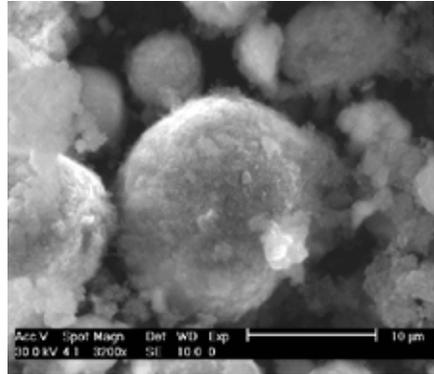
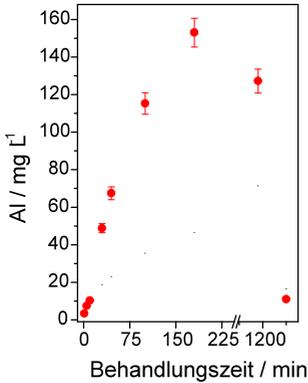


Abbildung 8. Zeitabhängige Entwicklung der Lösungskonzentration von Al beim Einbringen von Kathodenfolien in Wasser (links) [11]; REM-Aufnahme von rückgewonnen NMC-Partikeln, teilweise mit $\text{Al}(\text{OH})_3$ bedeckt (rechts)

wurden umfangreiche Untersuchungen zum Einsatz von Puffergemischen durchgeführt, die entweder das Lösen des Substrates unterbinden oder, durch den gezielten Zusatz von Komplexbildnern, bereits im Medium befindliches Aluminium stabilisieren und damit die Fällung abwenden. [12]

Dabei erwies sich die Ramanmikroskopische Untersuchung als eine hoch sensitive Methode, um auch kleinste Mengen an $\text{Al}(\text{OH})_3$ auf den NMC-Partikeln nachzuweisen, die im Rasterelektronenmikroskop kaum sichtbar waren (Abbildung 9). Auch signifikante Änderungen in der chemischen Zusammensetzung in äußeren Schichten der NMC-Partikel können nach mathematischer Entfaltung des Signals zwischen 800 und 200 cm^{-1} sichtbar gemacht werden (Abbildung 9).

Zusammenfassend liefern die Forschungsarbeiten grundlegende Erkenntnisse für den Ansatz eines funktionellen Recyclings des Kathodenmaterials NMC zur sofortigen Wiederverwendung ohne aufwändige Rückgewinnung von Metallsalzen und anschließender Synthese des Übergangsmetallmischoxids. Das Know-how der Forschungsgruppe liegt dabei vor allem auf der

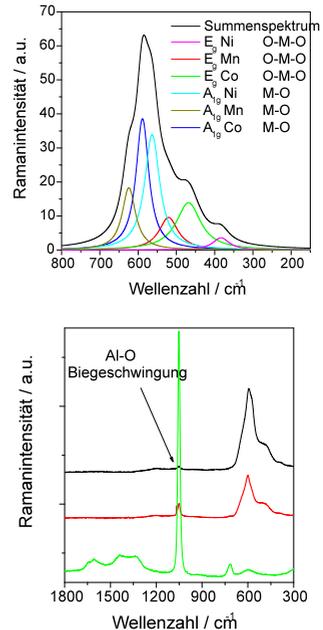


Abbildung 9. Vergleich der Ramanspektren von Partikeln mit unterschiedlicher $\text{Al}(\text{OH})_3$ -Bedeckung (links); entfaltetes Ramanspektrum eines NMC-Partikels mit Zuordnung der Schwingungen zu den Teilspektren [10],[11]

chemischen und chemisch-physikalischen Analytik, die es zum einen ermöglicht, in verschiedenen Verfahren jeden Prozessschritt umfangreich zu charakterisieren und zum anderen die Grundlage für völlig neue und innovative Lösungsansätze liefert.

Als wichtigster Prozessparameter für den chemischen und vor allem morphologischen Erhalt der Sekundärstruktur zeigt sich neben der Wahl eines geeigneten Mediums die Verweildauer im Medium. Dabei muss konstatiert werden, dass sich ein Laborversuch weitaus kontrollierbarer gestaltet als die technische Umsetzung, wo etwa Verweilzeiten in Förderstrecken berücksichtigt werden müssen.

RÜCKGEWINNUNG VON WERTMETALLEN AUS ELEKTRONIKBAUTEILEN

Die Sicherung der Rohstoffbasis wirtschaftsstrategischer Metalle in Deutschland ist nur durch eine gezielte Aufarbeitung von End-of-life-Produkten möglich, sofern man von der Versorgung aus dem Ausland weitgehende Unabhängigkeit gewinnen will. Der größte Anteil ist dabei in Elektroschrott zu finden. Nach einer Studie der europäischen Umweltbehörde wächst die Menge an Elektroschrott jährlich um nahezu 40 Millionen Tonnen. Bis zum Jahr 2020 wird eine Verachtfachung dieses Wertes prognostiziert. [17] Andere Zahlen sprechen gar von 10 kg Elektroschrott pro Person und Jahr. Neben der insgesamt wachsenden Menge von Elektronik- bzw. Leiterplattenschrott steht die Aufbereitungsbranche vor weiteren enormen Herausforderungen. Grund ist die technologische Entwicklung hin zu kleineren Bauteilen mit zunehmend komplexeren Zusammensetzungen, die mit dem technologischen Wandel immer schnelleren Veränderungen unterliegen. Zusätzlich verringern sich die benötigten Mengen an wirtschaftsstrategischen Metallen in den Bauteilen immer weiter. [19]-[21] Die gegenwärtige Wirtschaftsstruktur der Rohstoffaufbereitung trägt dieser Entwicklung nicht hinreichend Rechnung. Für die

Rückgewinnung der metallischen Wertstoffe aus Leiterplattenschrottfractionen mit geringen Wertstoffgehalten ist noch kein wirtschaftlich vertretbarer Lösungsansatz bekannt. In Japan beispielsweise werden diese als Brennstoff in der metallurgischen Kupferrückgewinnung eingesetzt oder gleich deponiert. [22] Diese Praxis ist keine akzeptable Lösung.

Wie auch bei der Aufbereitung gebrauchter Lithium-Ionen-Batterien erfolgt die Rückgewinnung von Wertstoffen aus Elektroschrott maßgeblich über pyrometallurgische Prozesse. Bei diesen resultiert neben einer mit Eisen, Kupfer, Nickel, Zinn und Blei angereicherten Schmelze [19] eine Schlacke, in der sich die Edelmetalle zwar anreichern, sich jedoch nur bedingt rückgewinnen lassen. Zusätzlich kommt es bereits vor der metallurgischen Aufbereitung allein durch den unvollständigen Aufschluss der Metalle oder Verluste beim Separieren zu Metallverlusten von ca. 10 - 35 %. [19]

Besonders weit entwickelt sind hydrometallurgische Ansätze, in denen die Wertmetalle mit Hilfe von Säuren und Säurekombinationen [23],[24], durch Komplexbildner [25], ionische Flüssigkeiten [26], Salzschmelzen [27], extraktive Verfahren [28],[29] oder durch Bioleaching [30] aus zerkleinerten Elektroschrottfractionen herausgelöst werden. Häufig wird das chemische Lösen mit einer elektrochemischen Metallabscheidung kombiniert. [31] Nur die hydrometallurgische Vorgehensweise sichert den vollständigen Zugriff auf die metallischen Wertstoffe, wenn die werttragenden Bauteile hinreichend zerkleinert vorliegen. Allerdings wurde keines dieser Verfahren bisher wirtschaftlich umgesetzt, was auf die erheblichen Kosten für die Infrastruktur zur Handhabung toxischer Chemikalien, ihre Entsorgung sowie an den teilweise sehr geringen Stoffdurchsätzen zurückzuführen ist.

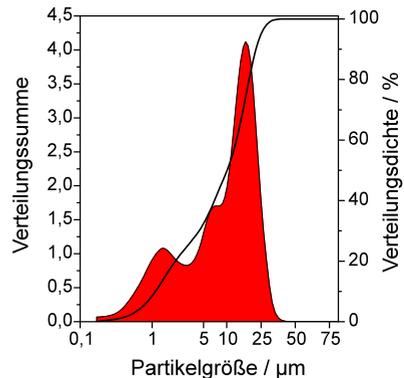


Abbildung 10. (a) Tantal-Kondensatoren in Tropfenform vor der Mahlung in der Planetenkugelmühle; (b) Bauteile einer entstückten Leiterplatte (Prozessor - hoher Goldanteil, Kondensatoren mit hohem Tantalgehalt, Steckkontakte mit Silberanteilen); (c) verschiedene Stufen der Zerkleinerung einer Platine; (d) Partikelgrößenverteilung der Feinstfraktion einer zerkleinerten Platine

Andere technologische Ansätze, wie die manuelle Trennung, die Selektion besonders werthaltiger Bauteile und eine speziell darauf ausgerichtete Aufbereitungsstrategie [32] stehen und fallen mit dem Gehalt der Wertstoffe, der in Zukunft immer weiter sinken wird. Demgegenüber verursachen aufwendige maschinelle Trennverfahren und chemische Aufbereitungsschritte erhebliche Prozess- und Instandhaltungskosten, so dass die Aufarbeitung minderwertiger Leiterplattenschrottfractionen unrentabel ist. Auch die Entwicklung zu immer niedrigeren Wertstoffgehalten in Elektrogeräten öffnet der Deponierung, der Verbrennung oder der grauen bzw. illegalen Entsorgung dieser scheinbar wertlosen Elektroschrottfractionen Tür und Tor.

Auf dieser Grundlage beschäftigt sich die Forschungsgruppe mit einem völlig neuen technologischen Ansatz zur wirtschaftlich rentablen Gewinnung von metallischen Wertstoffkonzentraten aus Leiterplattenschrott mit geringen Wertstoffgehalten. Dieser beinhaltet die Entstückung, eine wertstofforientierte Separierung der Bauteile und Baugruppen sowie eine Grob- und Feinzerkleinerung (Abbildung 10). Der innovative Ansatz besteht schließlich in der Konzentrierung der Wertstoffe ohne den Einsatz von Chemikalien. Dies erfolgt durch eine gezielte Trennung, bei der zunächst die Kunststoff- und Keramikpartikel von den Metallbestandteilen getrennt werden. In mindestens einem weiteren Schritt erfolgt die weitere Auftrennung

der Metallpartikelfractionen. Aus stofflich verschieden zusammengesetzten Metallpartikelfractionen resultieren am Ende mit Edelmetallen, z.B. Tantal, Gold, Silber u. a. hoch angereicherte Zielfractionen, was die Voraussetzung für die nachfolgende kostengünstige und verlustarme Rückgewinnung der Metalle ist.

LITERATUR

- 1 Blomgren, G.E. The Development and Future of Lithium Ion Batteries. *J. Electrochem. Soc.* 2017, 164, A5019-A5025
- 2 Zhang, X.; Mauger, A. Synthesis and characterization of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ by wet-chemical method. *Electrochim. Acta* 2010, 55, 6440-6449.
- 3 Study on the review of the list of critical raw materials - Critical raw materials factsheets. EU Publications 2017
- 4 Study on the review of the list of critical raw materials - Critical raw materials factsheets. EU Publications 2017
- 5 Chagnes, A.; Pospiech, B.: A brief review on hydrometallurgical technologies for recycling spent lithium-ion batteries. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2013, 88, 1191-1199
- 6 Zeng, X.; Li J. Recycling of Spent Lithium-Ion Battery: A Critical Review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2014, 44, 1129-1165
- 7 Ekberg, C.; Petranikova M.: Lithium Batteries Recycling. In *Lithium Process Chemistry: Resources, Extraction, Batteries, and Recycling*, 2nd ed.; Chagnes, A., Swiatowska, J., Eds.; Elsevier: Amsterdam, Netherlands, 2014; pp. 233-267
- 8 Sonoc, A.; Jeswiet, J.: Opportunities to Improve Recycling of Automotive Lithium Ion Batteries. *Procedia CIRP* 2015, 29, 752-757
- 9 J. Duce, T. Koschwitz, J. Acker: Funktionelles Recycling von Kathoden aus Lithium-Ionen-Batterien: Chemische Charakterisierung mittels ICP-OES. Colloquium Analytische Atomspektroskopie CANAS, 8.-11. März 2015, Leipzig
- 10 T. Sieber, A. Rietig, J. Duce, J. Acker: Remarkable Aspects of the Degradation of $\text{Li}(\text{Ni}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33})\text{O}_2$ in the Recycling of Lithium Battery Cathodes. 6th Dresden Nano-analysis Symposium, 31. August 2018, Dresden
- 11 T. Sieber, J. Duce, A. Rietig, T. Langner, J. Acker: Recovery of $\text{Li}(\text{Ni}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33})\text{O}_2$ from lithium-ion battery cathodes: Aspects of degradation. *Nanomaterials*, 9, 134, 2019, 9 (2), 246-259
- 12 J. Acker, A. Rietig, J. Duce: Verfahren zur Rückgewinnung von Aktivmaterial aus den Kathoden von Lithiumionenbatterien. Patentanmeldung, DE102014014894A1, 2014
- 13 Abschlussbericht zum Verbundvorhaben Recycling von Lithium-Ionen-Batterien, Braunschweig, 2012
- 14 Abschlussbericht zum BMBF-Projekt: LiBat-Rückgewinnung - Aufbereitung von Produktionsabfällen und kompletten Li-Ionen Batteriezellen zur Rückgewinnung und Wiederverwertung des Aktivmaterials, Dresden, 2016
- 15 Hollemann, A.F.; Wiberg, E.; Wiberg, N. Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 101. Auflage; de Gruyter: Berlin, New York, 1995; pp. 1077-1080
- 16 Billy, E.; Joulié, M.; Laucournet, R.; Boulineau, A.; De Vito, E.; Meyer, D. Dissolution Mechanisms of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ Positive Electrode Material from Lithium-Ion Batteries in Acid Solution. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2018, 10, 16424-16435
- 17 K. J. Thome-Kozmiensky, D. Goldmann: Recycling und Rohstoffe Band 3, TK Verlag, 2010

- 18 U.E.P. Agency, Statistics on the Management of Used and End-of-Life Electronics, 2012, <http://www.epa.gov/epawaste/conserves/materials/recycling/manage.htm>
- 19 J. Cui, L. Zhang: Metallurgical recovery of metals from electronic waste: a review. *J. Hazard. Mat.* 158, 2008, 228-256.
- 20 A. Canal Marques, J.-M. Cabrera, C. de Fraga-Malfatti: Printed circuit boards: A review on the perspective of sustainability. *J. Environment. Management* 131, 2013, 298-306
- 21 R. Wang, Z. Xu: Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. *Waste Management* 34, 2014, 1455-1469.
- 22 T. Fujita, H. Ono, G. Dodbiba, K. Yamaguchi: Evaluation of a recycling process for printed circuit board by physical separation and heat treatment. *Waste Management* 34, 2014, 1264-1273.
- 23 K. Huang, J. Guo, Z. Xu: Recycling of waste printed circuit boards: a review of current technologies and treatment status in China. *J. Hazard. Mat.* 164, 2009, 399-408.
- 24 A. Tuncuk, V. Stazi, A. Akcil, E.Y. Yazici, H. Devci: Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: hydrometallurgy in recycling. *Miner. Eng.* 25, 2012, 28-37
- 25 L. Jing-Ying, X. Xiu-Li, L. Wen-Quan: Thiourea leaching gold and silver from the printed circuit boards of waste mobile phones. *Waste Manage.* 32, 2012, 1-4.
- 26 J. Huang, M. Chen, H. Chen, S. Chen, Q. Sun: Leaching behavior of copper from waste printed circuit boards with Brønsted acidic ionic liquid. *Waste Manage.* 34, 2014, 483-488.
- 27 L. Flandinet, F. Tedjar, V. Ghetta, J. Fouletier: Metals recovering from waste printed circuit boards (WPCBs) using molten salts. *J. Hazard. Mater.* 213-214, 2012, 485-490.
- 28 H.N. Kang, J.-Y. Lee, J.-Y. Kim: Recovery of indium from etching waste by solvent extraction and electrolytic refining. *Hydrometallurgy* 110, 2011, 120-127.
- 29 B. Adler, R. Müller: Seltene Erdmetalle - Gewinnung, Verwendung und Recycling. *Berichte aus der Biomechatronik*, Band 10, Universitätsverlag Ilmenau, 2014
- 30 P.M.H. Petter, H.M. Veit, A.M. Bernardes: Evaluation of gold and silver leaching from printed circuit board of cellphones. *Waste Manage.* 34, 2014, 475-482
- 31 Y.F. Guimarães, I.D. Santos, A.J.B. Dutra: Direct recovery of copper from printed circuit boards (PCBs) powder concentrate by a simultaneous electroleaching-electrodeposition process. *Hydrometallurgy* 149, 2014, 63-70.
- 32 www.upgrade.tu-berlin.de

ZUKUNFTSDESIGN

AUTONOME E-MOBILITÄT IN STADTQUARTIEREN DER ZUKUNFT

Herwig Fischer, technischer Leiter der Innovative Dragon Ltd., zuständig für die Planung, Konstruktion und technische Koordination sowie für die Betreuung der CAD-Modelle.

AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE AUTONOMER E-MOBILITÄTSSYSTEME

Der Umstieg von verbrennungsmotorischen Antrieben auf elektrische Traktionssysteme vollzieht sich mit wachsender Dynamik und kann effektive Lösungen zur bekannten Problematik lokaler Emissionsprobleme (CO₂, NOX, Partikel etc.) beitragen.

Gleichzeitig ergeben sich neue Optionen für das Layout der Architektur, des Packaging, des Designs und der ergonomischen Gestaltung von Fahrzeugen.

Außerdem ist die Ansteuerung elektrischer Antriebe durch autonome Führungssysteme technisch einfacher zu realisieren - einer von vielen Gründen für die in den letzten Jahren deutlich erhöhten Anstrengungen und Entwicklungsbudgets für autonomes Fahren.

Die Wege zum finalen Ziel vollautonomen Fahrens auf SAE Level 5 (kein Fahrer mehr an Bord, keine Instrumente zum Eingriff in die Fahrzeugführung) führt bei den meisten Entwicklungswegen über stetig erweiterte Assistenzsysteme und -funktionen.

Dabei werden immer mehr Funktionen, die normalerweise der Fahrer ausübt von einem Steuer- und Regelsystem übernommen. Der stetige Übergang dieses evolutiven Entwicklungsweges bedingt deswegen ein Prinzip, bei dem der Automat in seinen Wahrnehmungs- und Regelungssystemen ähnlich aufgebaut ist und funktioniert wie ein menschlicher Fahrer - schließlich sollen die Fahrzeuge sich ja in der unveränderten Umgebung zu rechtfinden können.

Die Architektur solcher Systeme besteht dann aus folgenden Komponenten / Teilsystemen:

- GPS System zur groben Positionsbestimmung (auf welcher Straße befindet sich das Fahrzeug)
- NAVi System onboard zur Routenauswahl (Dijkstra Algorithmen: über welche Teilstrecken soll die Fahrt am besten geführt werden)
- Richtungsvorgabe dieser gewählten Routen an jeder Kreuzung/ Einmündung
- Präzise Positionsbestimmung und primäre Fahrwegführung, die normalerweise der Fahrer übernimmt über Sensoren zur Umwelterfassung von Bordsteinkanten, Fahrbahnmarkierungen etc. mit Lidar / Radar / Kameras mit 3D Abbildungsalgorithmen
- Sekundäre Fahrwegführung (Hindererfassung, Kollisionsvermeidung und Erfassung von variablen Verkehrszeichen wie Ampeln) über Lidar / Radar / Ultraschall / Kameras mit Gestalterkennung und 3D Lokalisierung

Diese Architektur ermöglicht dann autonomes Fahren auf allen Strecken, die auch ein von Menschen gesteuertes Fahrzeug befahren kann. Die Bemühungen per Sensorik, Datenfusion und Aktuatorik einen menschlichen Fahrer nachzubilden erscheint auf den ersten Blick lösbar, ist jedoch in der Realität auch mit heute verfügbarer Technologie nicht hinreichend sicher und kaum mit vertretbarem Kostenaufwand möglich.

Schon die einfache Aufgabe der optischen Signalverarbeitung zeigt erhebliche Probleme auf. Die Anpassung von Lichtempfindlichkeit und Brennweite der Kameras ist dabei der einfachste Teil und dennoch bei Testfahrten schon öfter die Ursache für Unfälle gewesen (z.B. Fehler bei der Rotlichterkennung von Ampeln gegen tiefstehende Sonne).

Wesentlich schwieriger bleibt jedoch die Gestalterkennung aus den Kamerabildern und daraus die Zuordnung des erfassten Bildes

zu einer Gestaltkategorie wie Fahrzeug, Fußgänger, Bordsteinkante, Fahrbahnmarkierung etc. Tatsächlich ist der Rechenaufwand um diese Aufgabe in Echtzeit zu lösen bereits zu hoch, um zu vertretbaren Kosten onboard installiert werden zu können - zu groß sind die optischen Unterschiede von Vertretern einer Kategorie um eineindeutig zugeordnet zu werden - ein Mensch kann groß, klein, schlank und breit sein, verborgen hinter einen Schirm oder bekleidet mit einem dicken Wintermantel, er kann aufrecht stehen oder nach einem Sturz auf der Fahrbahn liegen etc.

Noch problematischer aber ist die Zuordnung der dritten Dimension, die aus den 2D-Kamerabildern synthetisiert werden müssen. Nur aus Verschiebungen von Objekten (die alle dazu als solche in Echtzeit identifiziert worden sein müssen) zueinander auf der wahrgenommenen 2D Fläche bei einer Kamerabewegung kann deren räumliche Tiefenposition per Strahlensatz ermittelt werden - eine Aufgabe die das menschliche Gestalterkennungssystem, das permanent im 3D Raum angesiedelt ist, in Perfektion beherrscht - für ein Computersystem eine äußerst anspruchsvolle Aufgabe.

Deswegen weichen viele Systeme zum autonomen Fahren auf Sensoriken mit direkter Tiefenerfassung per Echolot mit Radar / Lidar / Ultraschall aus. Die erforderliche Rechenleistung für die Gestalterkennung wird damit eher erhöht, die räumliche Tiefenerkennung jedoch vereinfacht, da sie vom Sensor selbst geliefert wird. Dennoch muss aus allen Daten aufwendig das zur Fahrzeugführung relevante Gesamtbild in 3D per Datenfusion und schnellen Algorithmen errechnet werden. Außerdem kann die Sende/Empfangseinheit mit seiner aufwendigen Richtwirkung nur Orientierungsgrößen erfassen, die sich im quasioptischen Bereich um das Fahrzeug herum befinden.

Die Datenfusion aus 3D Sensor Daten wie Lidar und 2D Sensordaten wie Kamerabilder erfordert zusätzlich einen Rechenaufwand zur Formatanpassung.

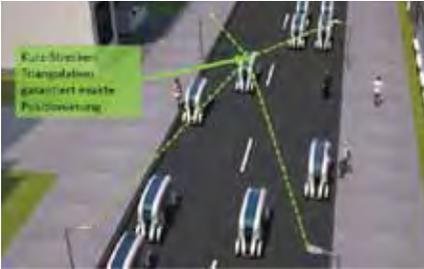
Probleme verursacht dabei auch die Tatsache, dass selbst die Orientierungsgrößen zur primären Fahrwegsteuerung oft stark variieren und deswegen nicht oder falsch zugeordnet werden - z.B. eine Fahrbahnmarkierung (in weißer Farbe wird durch eine zusätzliche Markierung in gelber Farbe in einer Baustelle ergänzt, Schnee liegt auf der Fahrbahn etc.).

Eine alternative Vorgehensweise kann hier Lösungen mit deutlich geringerer Anforderung an Rechenleistung anbieten, indem nicht ein menschlicher Fahrer nachgebildet wird sondern die Fahrzeuge in einem vorbestimmten Vektorraum geführt werden. Die zu verarbeitende Datenmenge (virtuelle Schienen, die jedem Verkehrsweg zugeordnet werden), ist im Vergleich zu einer Pixelgrafik um einen Faktor $>10^2$ geringer, die primäre Fahrwegführung auf diesen virtuellen Schienen mit einfachen Algorithmen möglich.

Dieser disruptive Lösungsansatz ermöglicht autonomes Fahren in vertretbarem Aufwand mit vorhandenen Technologien. Allerdings erfordert er die Errichtung eines externen Systems zur Positionsbestimmung und Fahrwegführung - d.h. eine Infrastruktur wird in einem begrenzten Gebiet errichtet und der Aktionsradius der Fahrzeuge wird auf dieses Gebiet beschränkt.

Der Aufbau zur primären Fahrwegführung sieht dann wie folgt aus:

- Ein geschlossenes Gebiet wird festgelegt, in dem die Fahrzeuge betrieben werden dürfen, wie z.B. ein Stadtteil oder Sonderfahrspuren
- In Innenstädten sind in Abständen von 25 m bis 40 m i.d.R. überall Straßenlaternen aufgestellt, die einen quasioptischen Zugang zur Straßenoberfläche

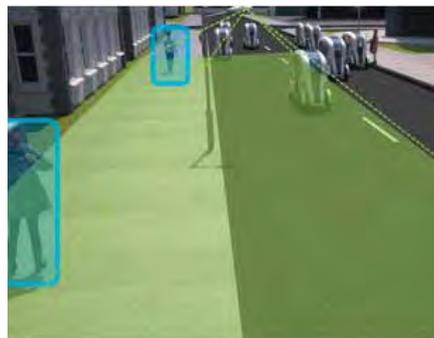


haben und eine eigene Stromzuführung. In diesen Laternen können nun einfache ungerichtete Funksender/-empfänger angebracht werden

- Die autonom geführten Fahrzeuge verfügen ebenfalls über Funkstationen und Onboard und Offboard Systeme kommunizieren per Transponderfunktion so miteinander, - dass die Laufzeiten der Kommunikation ermittelt - und per Triangulation (Peilung an drei Stationen) die Positionen zeitmetergenau an allen Stellen des Gebietes erfasst werden.
- Die Ansteuerung der Lenkung zur Fahrzeugführung erfolgt dann onboard mit einfachen Regelalgorithmen auf der Basis der Vektordaten - das Fahrzeug fährt auf virtuellen Schienen - die Erfassung der Umgebung auf optischer Basis oder per Echolot mit Richtantennen kann komplett entfallen.
- Die virtuellen Schienen beschreiben jeweils die Mittellinien der Straßenabschnitte und die Fahrwege werden durch einen Offset Wert relativ dazu onboard berechnet
- Abzweigungen werden je nach Geometrie mit drei Kategorien von Übergangsradien beschrieben
- Ausweichrouten zur Hindernisumfahrung werden als Soft Switches (aktivierbare Weichen) vorinstalliert
- Ampelsignale und andere wechselnde Verkehrszeichen werden ebenfalls per Funksignalübertragung übermittelt

Der Aufbau zur sekundären Fahrwegführung, d.h. Hinderniserkennung und Kollisionsvermeidung sieht wie folgt aus:

- In den gleichen Laternen werden stationäre Kameras integriert, die aus der erhöhten Lage heraus einen Sektor mit „Straße und Bürgersteig“ als Pixelgrafik in 2D erfassen
- Eine Gestalterkennung ist nicht erforderlich
- Jede Veränderung im Überwachungsbereich stellt dann eine Pixeländerung dar und kann durch einfache Subtraktion zweier aufeinanderfolgender Pixelgrafiken mit sehr geringem Rechenaufwand isoliert werden
- Stetige Änderungen der Kamerabilder durch Lichtwechsel oder Jahreszeiten können von auftretenden Hindernissen einfach unterschieden werden, da in einem Fall (fast) alle Pixel sich sehr langsam verändern (Dämmerungslicht) und im anderen Fall zusammenhängende Blöcke einiger weniger Pixel (Hindernis) sich schnell verändern (Bewegung)
- Die virtuellen Schienen (Vektoren der primären Fahrwegsteuerung) werden in jedes Bild per Programmierung eingespielt
- Bei Erkennung eines Hindernisses im Sektor auf den virtuellen Schienen wird das nächste einfahrende Fahrzeug



gewarnt und auf reduzierte Geschwindigkeit geschaltet, lange bevor das Hindernis in den Onboard Systemen erfasst werden kann

- Die Umfahrroute wird dann aus dem vektoriiellen Datenvorrat ausgewählt, freigeschaltet und an das Fahrzeug übermittelt
- Die Onboardsysteme sind damit Redundanzsysteme mit deutlich geringerem Leistungsanspruch
- Die Lokalisierung von Hindernissen in 3D ist sehr vereinfacht möglich wegen der weit voneinander entfernten Perspektive der Onboard- und Offboard-Systeme

In der direkten Gegenüberstellung der beschriebenen evolutiven und der disruptiven Roadmap zum Ziel ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile evolutive Roadmap:

- Keine räumliche Beschränkung - Fahrzeug fährt überall da wo von Menschen gesteuerte Fahrzeuge auch fahren
- Integrierbar in vorhandene und in individuell geführte Fahrzeuge
- Einfach integrierbar in den Mischverkehr mit menschlichen Fahrern

Nachteile evolutive Roadmap:

- Mit derzeitiger Technologie noch nicht verkehrssicher machbar
- Technischer Aufwand im Fahrzeug sehr hoch (Sensorik, Aktuatorik, Datenfussung, Rechenleistung, Redundanzsysteme)
- Risiko des (schädlichen) Einflusses von individuellen Eigentümern / Betreibern

Vorteile disruptiver Roadmap:

- Machbar mit vorhandenen Technologien
- Technologieaufwand in ausgelagerten Systemen (Offboard) in 10.000 Laternenstationen statt in 100.000 Fahrzeugen
- Hohe Verkehrssicherheit und Redundanz
- Kein Risiko durch menschlichen Einfluss da im Flottenbetrieb geführt

- Geringe Kosten in Installation und Wartung (Update per Fernwartung)

Nachteile disruptiver Roadmap:

- Begrenzt auf ein ausgewähltes Territorium
- Installationsaufwand der Infrastruktur

In der Diskussion um autonomes Fahren hat sich der allgemeine Sprachgebrauch bei Fachleuten und in den Medien dahin entwickelt, dass mit dem Begriff „autonomes Fahren“ praktisch nur die Zielstellung der evolutiven Kategorie der Nachbildung eines menschlichen Fahrers gemeint ist.

Tatsächlich gibt es aber seit vielen Jahren Systeme im täglichen Betrieb, die auf ähnlichen Prinzipien aufbauen wie die beschriebene disruptive Lösung, nämlich bei fahrerlosen Transportfahrzeugen wie Gabelstaplern in Lagerhallen und Fabrikgeländen, bei automatisch landenden Verkehrsflugzeugen und bei Schienenfahrzeugen ohne Fahrer. (letzte mit realen Schienen statt mit virtuellen Schienen) Alle diese Fahrzeuge nutzen ebenfalls eine einfache Infrastruktur.

EFFEKTIVERE VERKEHRSFLÄCHENNUTZUNG

Das zentrale und systemimmanente Problem des Innenstadtverkehrs ist der unvermeidbare Stau, der zwangsläufig entsteht durch Vertikalverdichtung, d.h. progressive Zunahme der Bevölkerungsdichte durch immer höhere Gebäude bei gleichbleibender Straßenfläche.

Autonomes Fahren ändert an der Stausituation primär nichts bzw. wenig, wenn die Fahrzeuge unverändert bleiben wie heutige PKW. Um hier eine deutliche Verbesserung oder auch eine komplette Problemlösung zu entwickeln bedarf es zweier Änderungen in der Vorgehensweise:

- Geänderte und intelligentere Fahrzeugarchitektur (im Vgl. zu existierenden PKW)
- Aufbau eines holistischen Mobilitätssystems statt individueller Fahrzeuge



Entwurf eines 2-sitzigen, schmalen Einspur-Fahrzeugs

ARCHITEKTUR UND FAHRZEUGLAYOUT

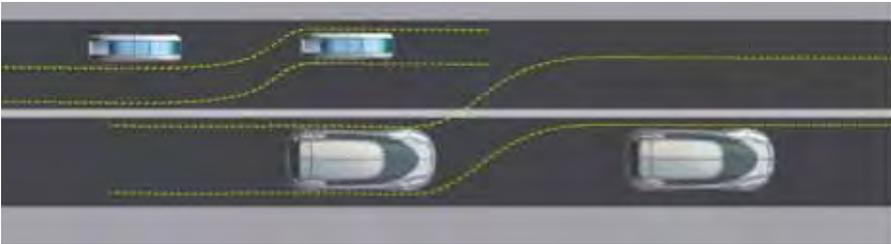
Die mittlere Belegung von PKWs im Stadtverkehr variiert weltweit zwischen 1,2 und 1,4 Personen pro Fzg. Bei autonom betriebenen Fahrzeugen muss dieser Wert sinnvollerweise ersetzt werden durch die Nutzlastbelegung, da z.B. der Taxifahrer oder die Mutter, die ihre Tochter zur Schule chauffiert ja im autonomen Fahrzeug entfällt. Damit reduziert sich die ohnehin schon geringe Effektivität weiter auf teilweise unter 1,0 Nutzlastpersonen. (die Leerfahrt zurück ohne Gast hat ja keine Nutzlastperson an Bord)

Eine optimale Effizienz erreicht damit ein 2-sitziges Fahrzeug, das praktisch immer zu 50% ausgelastet ist im Gegensatz zu einem 5-sitzigen SUV, der mit 20% Nutzlast im Mittel fährt.

Autonome Fahrzeuge für die Innenstadt können damit deutlich kleiner und leichter ausgelegt werden als die bisher dominant auftretenden PKW. Dabei ergeben sich zwei Optionen

zur Reduktion der Maße - schmaler oder kürzer. Auf den ersten Blick führt eine Verkürzung für einen 2-Sitzer zu einer Verbesserung der Verkehrsflächennutzung - 2,5 m Länge statt 5,0 m - jedoch trifft diese Abschätzung nur im Stillstand zu - während der Fahrt mit 40 km/h im Stadtverkehr und dem vorgeschriebenen Abstand von 20 m zum vorausfahrenden Fahrzeug „schwimmt“ dieser 2-Sitzer in einem virtuellen Raum von 22,5 m Länge (Abstand plus eigene Fahrzeuglänge), der 5 m lange PKW verbraucht dagegen auch nur 25,0 m - der Raumgewinn ist also eher gering.

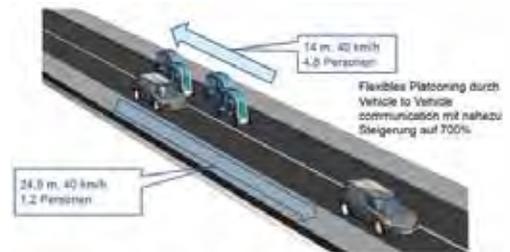
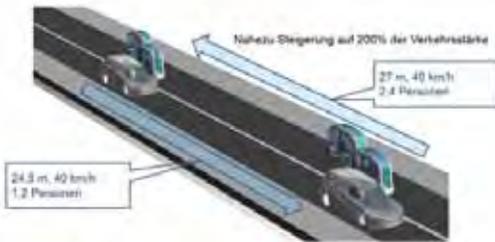
Bessere Ergebnisse liefert dabei eine Fahrzeuggeometrie mit auf die Hälfte reduzierter Breite statt reduzierter Länge, da damit in jeder Fahrspur zwei Fahrzeuge parallel fahren können und sich so die Effizienz der Verkehrsflächennutzung um 100% erhöht. Hinzu kommen weitere Effekte wegen der Spurverspernung durch Fahrzeuge, die am Straßenrand parken oder halten. Bei der üblichen Breite von 3,6 m einer Fahrspur können zwei schma-



Ausweich- oder Überholgasse benötigt im Vergleich bei Einspur-Fahrzeugen und PKWs

le Fahrzeuge parallel an einem am Rand haltenden dritten Fahrzeug ungestört vorbeifahren, wohingegen ein einziger normaler PKW, der am Rand hält, die ganze Spur komplett blockiert und lange Rückstaus erzeugt.

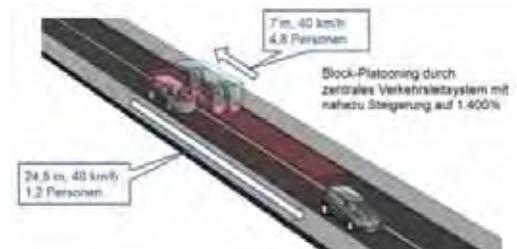
also entfallen. Die Verkehrsflächennutzung im Platooning wird auch dadurch gesteigert, dass beim Umschalten von Ampeln auf Grün alle Fahrzeuge gleichzeitig losfahren können statt im kumulierenden Verzögerstakt von 1,8 Sekunden (wodurch das 10te Fahrzeug erst nach 18 Sekunden starten kann und damit wahrscheinlich von der nächsten Rotphase gestoppt wird)



Platzbedarf inkl. Sicherheitsabstand und Optimierung durch Schmal-Spur-Fahrzeuge

Flexibles Platooning in open formation

Weiter optimiert werden kann die Verkehrsleistung im urbanen Verkehr durch sogenannten Platooning Betrieb, bei den Fahrzeuge den vorgeschriebenen zeitlichen Sicherheitsabstand von 1,8 Sekunden nicht einhalten sondern im engen Verbund mit einem Abstand von 1,0 m (Closed Formation) oder einer Fahrzeuglänge, plus 1,0 m (open Formation) fahren - letztere Formation ist dabei dann zu wählen wenn Raum bleiben muss für Spurwechsel, erstere wenn mehrere Fahrzeuge für eine längere Strecke zu gemeinsamen Teilzielen geführt werden - Spurwechsel



Closed Formation als Block-Platooning

Im Vergleich von 8-sitzigen Fahrzeugen zu den beschriebenen 2-Sitzern ergeben sich deutliche Vorteile für die kleinere Ausführung - der 2-Sitzer kann alles was der 8-Sitzer kann, tatsächlich verbrauchen 4 Fahrzeuge des 2-Sitzers in Platooning Formation kaum mehr Verkehrsfläche als ein 8-Sitzer, können aber im Einzelbetrieb verschiedene Destinationen anfahren und individuell auf Abruf einzelne Passagiere abholen und direkt punktgenau und zeitgenau zum Ziel fahren.

Verkehrssimulationen für praktisch alle Innenstädte weltweit zeigen, dass eine ideale

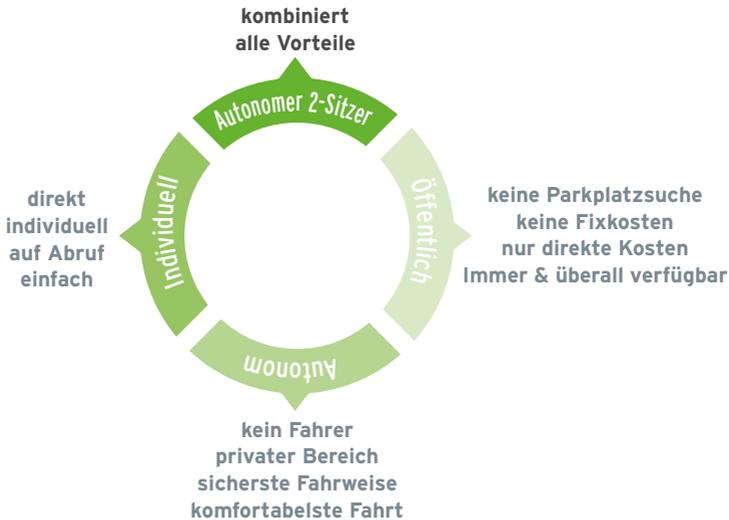
Maßnahme zur Stau- und Emissionsvermeidung darin liegt, dass die vorhandenen ÖPNV Systeme erhalten und/oder so weit wie möglich ausgebaut werden und weiterhin alle Transportaufgaben wahrnehmen, bei denen viele Personen zur gleichen Zeit zum gleichen Ziel fahren wollen (z.B. 500 Schüler morgens um 08:00 zum Unterrichtsbeginn) aber der motorisierte Individualverkehr soweit wie möglich ersetzt wird durch autonom fahrende, schmale 2-Sitzer, die auf Abruf per App zu beliebigen Zeiten Passagiere von jedem gewünschten Startpunkt auf direktem Weg zu jeder Destination fahren.



Weg/Zeit-Diagramm einer Fahrt inkl. Toleranzen

		Linienbetrieb Bus/ Tram	Shuttle Bus	Pkw MIV	FLAIT
Toleranz Startpunkt	Meter	<250	<150	<100	<10
Zeittoleranz	Minuten	<15	<10	<3	<3
Toleranz Ziel	Meter	<250	<150	<100	<10
Passagierkapazität	Personen	120	80	5	2
mittlere Auslastung	Personen	0 - 50	30 - 60	0,8 - 1,2	1 - 2
mittlere Auslastung	%	22%	50%	20%	66%
Umweg	% Strecke	30%	0%	12%	0%
Zusatzzeit	% Zeit	60%	20%	16%	5%

Vergleich verschiedener Verkehrsmittel bzgl. Weg, Zeit & Auslastung



Vorteile eines autonomen 2-Sitzers als Stadtfahrzeug



Ergonomische Auslegung eines 2-Sitzers mit gegenüber sitzenden Passagieren

Zusätzlich können diese Fahrzeuge Busse und Bahnen ersetzen in Zeiten geringer Belegung und damit die hohen Kosten eines weitgehend leer fahrenden Busses reduzieren. Ideale Ergebnisse werden dann erzielt, wenn der Betrieb beider Systeme - Busse und autonome 2-Sitzer - vom gleichen Betreiber, in Deutschland also von den Stadtwerken, durchgeführt wird.

SICHERHEITS- UND SPEICHERTECHNOLOGIE

Die meisten Verbesserungen, möglicherweise sogar eine vollständige Problemlösung, werden also erreicht, wenn der ÖPNV durch sehr kleine autonom fahrende Fahrzeuge ergänzt wird und im Idealfall der gesamte MIV aus den Innenstädten ausgeschlossen wird. Da autonome 2-Sitzer auf Abruf gegenüber herkömmlichen PKW nur Vorteile ohne Kompromisse bieten inkl. perfekter Privatsphäre mit sicher verfügbarem Sitzplatz kann eine hohe Akzeptanz dieser Lösung auch bei den MIV Fahrern erwartet werden - schließlich fallen die üblichen Gründe für Ablehnung (keine Sitzplatzgarantie, Wartezeiten, Fußweg zur Haltestelle, Umwegfahrt) eines Umstiegs weg. Zusätzlich entstehen zahlreiche Vorteile mit Blick auf Komfort und Zeitbedarf - kein Parkplatzsuchverkehr, kein Stress im Stau, Arbeit/Entertainment auf der Fahrt: Bei ergonomisch idealer Auslegung können 2 Passagiere sogar gegenüber sitzen für eine angenehme Kommunikation mit Blickkontakt.



Vision eines autonomen Stadtfahrzeugs

Im eingeschwungenen Zustand - nur noch ÖPNV plus autonome Fahrzeugflotten - kann eine zentrale Flottenkontrolle dafür sorgen, dass ein sehr hohes Sicherheitsniveau erreicht wird - sehr viel höher als im individuellen PKW Verkehr - keine Unfälle mehr durch Unachtsamkeit, Fahrfehler oder Leichtsinns entstehen. Zusätzlich kann ein solches System als lernfähige Gesamtheit ausgelegt werden, die Unfall- und Risikobrennpunkte statistisch erfasst, analysiert und mit entsprechenden Vorkehrungen entschärft werden.

In Übergangsphasen - also im Mischbetrieb autonomer und personengesteuerter Fahrzeuge - geht die Unfallgefahr nicht von den autonomen Fahrzeugen aus, sondern wird durch individuelle Fehler durch Menschen verursacht, die aber wiederum ein erfahrener Fahrer teilweise kompensieren kann. Um in diesem Mischbetrieb Unfallzahlen zu minimieren muss die Installation autonomer Systeme deswegen sektional beschränkt auf einzelne Gebiete, oder Sonderspuren eingeführt werden und an deren Grenzen müssen Hinweisschilder aufgestellt werden, in denen auf die Priorität der autonomen Flotten hingewiesen wird und evtl. für den MIV Geschwindigkeitsbeschränkungen vorgesehen werden.

Solche autonome Kompaktfahrzeuge können elektrisch angetrieben werden, ohne die sonst bei autonomen Elektrofahrzeugen auftreten-

den Reichweitenprobleme, da im urbanen Verkehr nur Kurzstrecken gefahren werden und die Fahrzeuge sich autonom im Wartezustand am Straßenrand an einen induktiven Ladetrichter anschließen können. Um nicht mit einem Fahrzeug eine Ladestation zu blockieren, können idealerweise mehrere Fahrzeuge hintereinander an derselben Station geladen werden und eine Bypassleitung in jedem Fahrzeug verlängert den Zugang zur Stromquelle für eine Kette weiterer Fahrzeuge.

Durch eine zentrale Flottensteuerung können die Ladezeiten für solche Fahrzeuge besser angepasst werden an die Zyklen verfügbarer elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen. Schnellladen mit hoher Ladeleistung kann durch zentrales Flottenmanagement mit genauer Datenerfassung des Strombedarfs reduziert oder auch ganz vermieden werden. Das zyklisch wegen ungleichmäßiger Bedarfsprofile und schwankender Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie hochdynamische Versorgungsnetz (Regelenergieproblematik), das von individuell betriebenen elektrischen PKW noch weiter destabilisiert wird, kann mit solchen autonomen Flotten zumindest partiell mit passenden Abrufprofilen entlastet werden.

TCO AUTONOMER FAHRZEUGSYSTEME

PKWs sind immer noch beliebt wegen der Privatsphäre und Individualität und werden mangels Alternativen weiter zum überwie-

genden Betrieb auch im urbanen Verkehr eingesetzt - in den meisten Städten mit deutlich höherem Anteil als der ÖPNV. Neben den beschriebenen Nachteilen kommt weiter belastend hinzu, dass PKW nur ca. 5% der Lebenszeit genutzt werden und 95% ungenutzt abgestellt werden, wobei alle Fixkosten wie Steuer, Versicherung, Abschreibung, zeitbezogene Wartungskosten, Garagen- und Stellflächenkosten etc. weiterlaufen.

Wenn autonome Verkehrssysteme einen gleichen Komfort wie PKW bieten können wie oben beschrieben, wird der Erfolg weiter dadurch beflügelt werden, dass die Kosten nicht mehr als total cost of ownership sondern als cost of mission kalkuliert werden können. Fahrzeugbesitz wird ersetzt durch Einzelbuchungen der Fahrten - ein weltweiter Megatrend weg vom Besitz hin zur Nutzung - keine Fixkosten, maximale Flexibilität und Freiheit bei verbessertem Komfort. Autonome Fahrzeugflotten können Nutzanteile erreichen von 50% - 70% und reduzieren schon damit große Kostenanteile.

Nach laufenden Analysen können autonome Flotten die Transportkosten für Passagiere im Stadtverkehr bei richtiger Auslegung gegenüber privaten PKW um über 70% - 80 % reduzieren.

VORTEILE FÜR KOMMUNALE BETREIBER

Optimale Ergebnisse werden erzielt, wenn autonomes Fahren nicht über individuellen Fahrzeugbesitz und -betrieb erfolgt sondern der Kunde ausschließlich das kauft was er braucht und nur dafür bezahlt was er bekommt - nämlich die Fahrt von seinem Standort zu genau seinem Zielort, zu genau dem Zeitpunkt seiner Wahl.

Autonomes Fahren liefert hier das seltene Phänomen, dass Komfort- und Leistungsmaximierung gegenüber angepeilter Kosten-

reduktion keinen Gegensatz bildet, sondern Synergien ermöglicht.

Allerdings muss die Integration so erfolgen, dass die etablierten Systeme wie Busse und Bahnen des ÖPNV weiter in dem Bereich aktiv genutzt werden, in dem sie ihre unbestrittenen Verkehrsrentlastungen einbringen - nämlich für die speziellen Missionsprofile, wo mindestens zwei der drei Transportkriterien Startort, Destination und Reisezeit bekannt sind und/oder eine zyklisch wiederkehrende hohe Zahl an Passagieren zu diesen Zeiten die gleichen Strecken zurücklegen wollen (z.B. Schulbeginn um 8:00).

Um das sicherzustellen ist es wichtig, dass autonome Flotten von ÖPNV-Betreibern geführt und gesteuert werden. Daraus ergibt sich der weitere Vorteil, dass große Transportfahrzeuge wie Linienbusse und Bahnen, deren Auslastung im Mittel nur bei 22% liegt, bei hoher Varianz und die wegen der Versorgungspflicht der kommunalen Betreiber auch in Schwachlastzeiten fahren müssen, teilweise ganz leer oder mit weniger als 5 Passagieren, durch kompakte autonome Fahrzeuge ersetzt werden können, in dem der Ticketpreis in diesem Fall auf den Busticketpreis reduziert wird.

ZUSAMMENFASSUNG

Autonomes Fahren kann insbesondere im urbanen Verkehr Stau- und Emissionsprobleme lösen und den Reisekomfort und die Verkehrssicherheit dabei deutlich verbessern, wenn die Chance genutzt wird, diese Technologie intelligent als Mobilitätssystem mit optimierten Fahrzeugauslegungen umzusetzen. Da einer der größten Kostenfaktoren, nämlich der Fahrer wegfällt und damit nicht mehr aus wirtschaftlichen Gründen auf möglichst viele Fahrgäste umgelegt werden muss, sind kleine 2-sitzige Fahrzeuge die bessere Alternative zum MIV und die beste Ergänzung zum ÖPNV.

FLAIT - NETZWERKGESTÜTZTES MOBILITÄTSSYSTEM ZUM AUTONOMEN BETRIEB VON FAHRZEUGFLOTTEN

AUSGANGSLAGE UND AUFGABEN- STELLUNG FÜR DEN INNERSTÄDTI- SCHEN VERKEHR DER ZUKUNFT

MEGATRENDS

Megatrends bestimmen die mittel- bis langfristige Entwicklung der Technologie und auch der steigenden Unternehmenswerte. Neben den Trends der Kommunikationstechnologien sowie der Globalisierung hält auch die Urbanisierung seit Jahren an. Dieser Trend zu immer größeren Städten (bis hin zu „Megacities“) führt zwangsläufig zu immer größeren Problemen dort (siehe 1.2).

Auf der anderen Seite bieten neue Technologien und ein geändertes Bedürfnis im Megatrend „Mobilität“ aber auch Chancen, die „richtig eingesetzt“ diesen Problemen entgegenwirken können (siehe 1.3).

ZU LÖSENDE PROBLEME

Das Wachstum in Städten sowie ein gesteigertes Bedürfnis nach Mobilität pro Person bei oft festgelegter Verkehrsfläche (kein Platz für neue Straßen) führt zwangsläufig in den großen Städten des 21. Jahrhunderts zu einem Verkehrskollaps wie er rund um die Welt zu beobachten ist. Dies führt häufig zu den folgenden Problemen:

- Stau
- Lärm
- Emission
- Gefahren für die Sicherheiten von Fahrzeuginsassen und Fußgängern

Die negativen Auswirkungen dieser Probleme betreffen dabei nicht nur die Passagiere der Verkehrsmittel, sondern auch die umliegenden Personen in den Städten und führen somit zu einer deutlich verminderten Aufenthaltsqualität.

Eine Möglichkeit der Fortbewegung welches eine besonders hohe Diskrepanz zwischen Nutzen für den Fahrzeuginsassen und Be-

lastung für die Aufenthaltsqualität der umliegenden Personen sowie für den Verkehrsdurchsatz auf den vorhandenen Straßen darstellt ist der motorisierte Individualverkehr (MIV).

Demgegenüber steht der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV), welcher gerade zu Stoßzeiten mit einem hohen Passagierdurchsatz punkten kann, allerdings den Passagier mit folgenden Komforteinbußen belegen muss:

- Keine Individualität bzgl. Raum, Geräusch und Temperatur
- Keine Sitzplatzgarantie
- Nicht freiwählbare Koordinaten Start- & Zielpunkt sowie Abfahrts- & Ankunftszeit
- Teilweise aufwendiger Ticketkauf (z.B. Einzelfahrt)
- Geringes Sicherheitsniveau sowohl aktiv, passiv, im Personenschutz sowie gegen äußere Einflüsse wie z.B. Terroranschläge

In der Gegenüberstellung sieht die Ist-Situation in Innenstädten mit einem Mix aus MIV und ÖPNV also folgendermaßen aus (s. Tabelle Seite 190).

SICH BIETENDE CHANCEN

Der Megatrend „Mobilität“ beinhaltet vier Chancen, die richtig eingesetzt und kombiniert, den Problemen der heutigen und zukünftigen Städte entgegenwirken und diese langfristig lösen können:

Chance: Geänderte Wahrnehmung

Wo früher das Verkehrsmittel im Vordergrund stand („Ich besitze ein Auto.“), steht heute mehr das Bedürfnis im Vordergrund möglichst einfach, komfortabel, schnell und günstig von A nach B transportiert zu werden. Dieser Trend ist in verschiedenen Auswirkungen vom Car Sharing über Transportdienste wie Uber, etc. zu erkennen und hilft der Entwicklung

MIV (motorisierter Individualverkehr)	ÖPNV (öffentlicher Personennahverkehr)
Sehr geringe Verkehrsstärke in Personen/h zu Stoßzeiten	Maximal Verkehrsstärke in Personen/h und Effizienz in Stoßzeiten
Geringe allgemeine Effizienz (1,2 Personen pro Fahrzeug im Schnitt)	Geringe Effizienz in Schwachlastzeiten (nur 22% mittlere Auslastung)
Stau- und Emissionsverursacher Nr. 1	Verkehrshindernis in Schwachlastzeiten
Ungenau planbare Ankunftszeit	Teilweise planbare Ankunftszeit
Hoher Komfort	Geringer Komfort
Weitgehend realisierte Individualität	Keine Individualität
Hoher Kosten- und Betreuungsaufwand	Oft nur bedingt integrierbar ins Stadtbild
Geringer aktiver Gebrauchsanteil	Geringer Anteil am Gesamtverkehr

Vergleich MIV zu ÖPNV

von Konzepten, wie dem später vorgestellten FLAIT, die auf Transport als Dienstleistung statt Verkauf von Transportprodukten setzen.

Chance: Elektromobilität

Der Trend zum elektrischen Antrieb in Fahrzeugen (vom Fahrrad übers Auto bis zum Bus /LKW) ermöglicht neue Konzepte, andere Aufbauten von Fahrzeugen („Packaging“) sowie Möglichkeiten Lärm und Emission vor allem in Innenstädten stark zu reduzieren bzw. ganz zu vermeiden.

Chance: Autonomes Fahren

Autonomes Fahren ist ein stark wachsender Trend, der sich langsam in Endverbraucher-Produkten durchsetzt. Angefangen von Fahrerassistenzsystemen bis hin zur Vision von selbstfahrenden Autos, die sich in einigen Jahrzehnten durchsetzen sollen. Das Projekt FLAIT setzt hier auf einen anderen Ansatz (echtes autonomes Fahren in begrenzten Gebieten statt Ersetzen des Fahrers durch Assistenzsysteme) welcher kurzfristig vollautonomes Fahren (Level 5) mit heutiger Technik ermöglicht.

Chance: Mobiler Datentransfer und Datennutzung

Sprunghafte Fortschritte in der mobilen Datenübertragung sowie in der Leistungsfähigkeit der Endgeräte ermöglichen auch im Mobilitätsbereich neuartige Technologien und Kundennutzen. Sensoriken zur Streckenführung und Unfallvermeidung sowie Systeme zur zentralen Flottensteuerung und Schwarmintelligenz erlauben heutzutage andere Herangehensweisen an das Thema Mobilität als noch vor 10-20 Jahren.

Auch der Komfort für den Passagier konnte in den letzten Jahren deutlich gesteigert werden. Wo früher der Weg von A nach B auch als Passagier (Beifahrer, Nutzer von Zügen, etc.) nur begrenzt als nutzbare Zeit zur Verfügung stand, machen Tablets, Smartphones und Notebooks heute das Verkehrsmittel zum ausgelagerten Büro oder Wohnzimmer. Dieser Komfort durch den Einsatz von Smartphones beginnt schon beim Planen der Strecke, Rufen eines Fahrzeugs oder beim Ticketkauf.

Auch die Möglichkeiten anbieterseitig weitere mediale Kundenangebote zu integrieren oder die Zeit des Passagiers im Fahrzeug als Werbe- und Informationschance zu nutzen, nehmen stetig zu.

ZUSAMMENFASSUNG UND WUNSCHSZENARIO

Zusammenfassung der Mobilitätssituation in den heutigen Städten

Die Mobilität, vor allem in Innenstädten, befindet sich aktuell in einem Prozess der starken Veränderung. Die Trends Elektromobilität und autonomes Fahren erlauben schon heute und in naher Zukunft weitreichende Veränderungen in den Fahrzeugkonzepten sowie Nutzungsverhalten und werden das Erscheinungsbild sowie die Integration des Verkehrs genauso stark und nachhaltig verändern wie das Fahrerlebnis für den Passagier an sich.

Wie kann nun dieser Veränderungsprozess als Chance verstanden und genutzt werden um nicht nur den Verkehr in den Städten der Zukunft zu verbessern, sondern diesen auch für die Aufenthaltsqualität in den Städten besser zu integrieren?

Wunsch-Szenario für eine optimale Mobilität in den Städten der nahen Zukunft

Um ein optimales Szenario der innerstädtischen Mobilität aus holistischer Sicht zu beschreiben sollte ein zukünftiges, individuelles Mobilitätssystem folgenden Anforderungen genügen:

- Umsetzbar mit vorhandenen (oder in Kürze verfügbaren) Technologien zur zeitnahen Einführung
- Konzipiert als Ergänzung zum ÖPNV
- Spontane Verfügbarkeit für den Passagier in den Koordinaten:
- Startpunkt
- Zielpunkt
- Start- oder Ankunftszeit
- Optimaler Fahrweg ganz ohne bzw. mit nur minimalen:
- Umwegen

- Leerfahrten
- Parkplatzsuchverkehr
- Signifikant erhöhte Verkehrsstärke auf der gegebenen Infrastruktur ohne zusätzlichen, immensen Investitionsbedarf
- Streckengenau und vor Reiseantritt garantierte Kostenabrechnung (per App)
- Keine Spurblockade beim Passagierwechsel
- Individuelle, private Umgebung für den Passagier während der Fahrt
- Minimale Emissionen des Fahrzeugs (Schadstoffe, Geräusche, Wärme, Feinstaub)
- Maximale Verkehrs-, Transport- und Personensicherheit

Zusammengefasst kann gesagt werden: Ein optimales innerstädtisches Verkehrsmittel der Zukunft sollte individuellen Transport auf Abruf garantieren mit Triple Zero Eigenschaft: Null Stau, null Emission und null Unfallrisiko.

HERANGEHENSWEISE UND KONZEPTION EINES OPTIMIERTEN MOBILITÄTSSYSTEMS FÜR INNENSTÄDTE

Bei der Festlegung einer optimalen Herangehensweise bei der Konzeption eines Mobilitätssystems für die Innenstädte der Zukunft müssen folgende Fragen beantwortet und hierfür sinnvolle Rahmenbedingungen festgelegt werden:

Wie sollte ein Fahrzeug gestaltet werden in Bezug auf

- Steuerung
- Passagierzahl
- Fahrzeugdimensionen?

Wie kann ein System in der Stadt etabliert werden für optimale

- Positionierung und Routenführung der Fahrzeuge
- Gefahrenerkennung und -vermeidung
- Koordination der Fahrzeuge?

FAHRZEUGAUSLEGUNG

Bei der Fahrzeugauslegung steht an erster Stelle die Frage wie dieses Fahrzeug gesteuert werden soll. Hierbei sind von der manuellen Steuerung (wie bei einem PKW) über eine teil-autonome Steuerung (Fahrerassistenz-Systeme) bis hin zur voll-autonomen Ansteuerung einige Optionen möglich. Gerade die voll-autonome Ansteuerung ist ein aufstrebendes Gebiet welches aber bis zur Marktreife noch einige Hürden zu überwinden hat. Abhängig von der Steuerung der Fahrzeuge ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten bzgl. der optimalen Passagierzahl. Bei manuellen und teil-autonomen Fahrzeugen ist zwingend ein Fahrer erforderlich, der oft nicht zur „Nutzlast“ hinzuzählt (Elternteil, das ein Kind zur Schule fährt oder Taxifahrer*in).

Aus der gewünschten Passagierzahl ergibt sich grob die Fahrzeuggröße. Diese kann im Raster „Kurz und breit“ bis „Lang und schmal“ und alle Varianten dazwischen aufgeteilt werden, solange es gängigen Normen für Straßenfahrzeuge entspricht. Gerade für neuartige Fahrzeuge in Innenstädten ist es wünschenswert, hier auch die Vor- und Nachteile von den jeweiligen Varianten für die Nutzung im Straßenverkehr zu bedenken. Die Höhe des Fahrzeugs kann ebenfalls frei gewählt werden, inkl. aller Auswirkungen auf Nutzraum im Fahrzeug, Einstiegscomfort und Fahrstabilität.

Letztlich muss das Fahrzeug in den gewünschten Dimensionen dann „gepackaged“ werden, so dass die Technik sowie der freie Innenraum passend zum Einsatzgebiet gestaltet wird.

In diesem Multi-Parameterfeld gibt es nahezu unendlich viele Kombinationen von Fahrzeugkategorien die entstehen können, jede mit Vor- und Nachteilen. Einige sind hierbei anderen eindeutig unterlegen und somit suboptimal, andere gänzlich unmöglich (z.B. ein Kleinfahrzeug für 8 Passagiere). Unter den

sinnvollen und optimierten Kombinationen sollte dann die für das Einsatzgebiet sinnvollste ermittelt werden.

Ein Beispiel für ein Fahrzeug für die Nutzung in Innenstädten sowie als Ergänzung zum ÖPNV soll in den folgenden Abschnitten erläutert werden:

Steuerung

Bei der Auswahl der Steuerung des Fahrzeugs ist ein voll-autonomes Vehikel eindeutig zu bevorzugen, falls es technisch machbar ist. Gerade in Innenstädten überwiegen hier die Vorteile, wenn es sich um ein Ruf-Fahrzeug handelt und kein PKW, welcher im Besitz des Fahrers ist. Ruf-Fahrzeuge entlasten die Innenstadt immens durch den Wegfall von benötigten Parkplätzen (inkl. Parkplatzsuchverkehr). Auch erfüllt diese Auswahl die geänderte Anforderung vieler Leute von A nach B transportiert zu werden statt ein Fahrzeug selbst zu besitzen.

Gegenüber manuellen und teil-autonomen Fahrzeugen ergeben sich immense Kosten- und Packaging-Vorteile, da alle Fahrer-relevante Technik (vom Lenkrad über Instrumente bis hin zu Anbauteilen wie Fahrlicht oder Scheibenwischer) wegfällt. Auch ist die Passagierzahl automatisch identisch mit der Nutzlast im Gegensatz z.B. zum Fahrer im Taxi, der zusätzlich im Fahrzeug untergebracht werden muss.

Passagierzahl

Wie weiter oben schon erwähnt liegt die durchschnittliche Passagier-Zahl von PKW bei ca. 1,2. Dieses zeigt eine hauptsächliche Nutzung von 1-2 Personen pro Fahrzeug, wobei hier teilweise noch ein Nicht-Nutzlast Fahrer mit eingerechnet ist.

Sollte das Fahrzeug als Ergänzung zum ÖPNV als individuelles Ruf-Fahrzeug positioniert werden bietet sich hier die Festlegung auf 2 Passagiere plus leichtem Gepäck an.

Bei größeren Gepäckmengen und gleichzeitiger Belegung mit mehr als einer Person oder bei drei oder mehr Personen sollte ein zweites Fahrzeug genutzt werden. Die Festlegung auf zwei Passagiere garantiert dabei nicht nur eine gute Auslastung für individuelle Fahrzeuge (ein Kernkriterium bei der Positionierung als Ergänzung zum ÖPNV), sondern bietet auch viele Vorteile bei der Integration in die Städte, der Vermeidung vieler Probleme aus Kapitel 1.2 sowie optimaler Nutzung der Verkehrsflächen. Mehr hierzu in einem späteren Kapitel.

Weitere Kernmerkmale eines optimierten Innenstadt-Fahrzeugs

Die bisher vorgenommenen Festlegungen des Fahrzeugs bzgl. der Größe und Steuerung führen zwangsläufig zu offenen Fragen bzgl. der Fahrsicherheit im Betrieb. Vor allem zwei Sicherheitsaspekte sind hier zu betrachten:

- Wie ist die Fahrsicherheit und -stabilität (vor allem in Extremsituationen) des Fahrzeugs an sich?
- Wie sicher ist der Betrieb der Fahrzeuge in Innenstädten insgesamt als Flotte für die Passagiere und die umliegenden Fußgänger?

Die Fahrsicherheit eines hohen, schmalen Fahrzeugs lässt sich zwingend nur mit einer Neigungsfähigkeit erhöhen und sicherstellen. Als gutes Beispiel sind hier Zwei-Räder wie z.B. Motorräder zu betrachten, die ohne Neigung durch den Fahrer weder in Kurven noch in Extremsituationen (Ausweichmanöver) eine zufriedenstellende Fahrstabilität behalten können. Ein hohes Einspur-Fahrzeug muss also ebenfalls mit einer Neigetechnik ausgestattet werden, die aber nicht passiv durch die Passagiere gesteuert wird, sondern aktiv und automatisch funktioniert (ähnlich der „Turn and Bank“-Systeme in einem Flugzeug). Eine gut programmierte Neigungsregelung führt dabei nicht nur zu einer Fahrstabilität, die mindestens genauso

gut ist wie die vergleichbarer, breiterer Fahrzeuge, sondern auch für den Passagier zu einem deutlich höheren Komfort ohne Querschleunigungskräfte, wie in einem Linienflugzeug. Dieser Komfortgewinn trägt auch merklich dazu bei, dass die Rückwärtsfahrt eines der beiden Passagiere als deutlich weniger störend empfunden wird gegenüber der Rückwärtsfahrt in einem Fahrzeug ohne Neigetechnik.

Offen bleibt die Frage nach der Sicherheit des Betriebs einer Flotte dieser Fahrzeuge in Innenstädten. Dieses muss bei zeitnaher Einführung mit verfügbarer Technik zu gewährleisten sein. Ein Ansatz hierzu soll im nächsten Kapitel erläutert werden.

INFRASTRUKTUR UND AUTONOMES FAHREN

Autonomes Fahren ist eine Technik, die an der Schwelle der kommerziellen Einführung steht. Technologische Fortschritte in den letzten Jahren haben dazu geführt, dass erste Versuche auch außerhalb reiner Testgelände schon heute stattfinden (vor allem in den USA sowie einigen asiatischen Ländern). Eine flächendeckende Einführung scheitert aber noch am Sicherheitsgrad der Systeme. Für eine solche Einführung stellt sich analog zu ähnlichen Systemen in der Vergangenheit die Frage, ob die Technik disruptiv (lokal) oder evolutiv (flächendeckend) eingeführt werden sollte. Hierzu soll im Folgenden ein kurzer Vergleich der Vor- und Nachteile beider Ansätze aufgezeigt werden.

VERGLEICH DER EINFÜHRUNG VON TECHNOLOGIEN ZUM AUTONOMEN FAHREN

Um eine neue Technik flächendeckend einzuführen ist es meistens utopisch, diese direkt vom Start mit allen Funktionen und überall präsent nutzen zu können. Ein möglicher Weg in den Markt ist hierbei der disruptive Ansatz, wo die Technik schon alle Funktionen liefert, aber erst einmal lokal in begrenzten



Packaging eines Einspur-Fahrzeugs mit zwei gegenüberliegenden Passagieren

Gebieten eingeführt wird, die nach und nach ausgebaut und erweitert werden, bis am Ende eine flächendeckende Nutzung vorliegt. Alternativ kann ein evolutiver Ansatz verfolgt werden, in dem die Technik vom ersten Tag an überall funktionieren soll, allerdings erst mit der Zeit in den Funktionen erweitert wird. Auch hier steht am Ende eine flächendeckende Einführung mit allen Funktionen.

Ein gutes Beispiel hierfür ist das Mobilfunknetz, welches Ende des letzten Jahrhunderts aufgebaut wurde. Der disruptive Ansatz verfolgte hierbei eine Strategie, über Funkmasten einzelne Zellen aufzubauen, die lokal mit kleinen Endgeräten volle Funktionalität (z.B. sehr gute Gesprächsqualität) garantierten. Der evolute Ansatz setzte auf Satellitentelefone, die sofort flächendeckend überall einsetzbar waren, aber Einschränkungen unterlagen (große, sperrige Endgeräte und schlechtere Gesprächsqualität).

Analog kann das autonome Fahren und seine Einführung in den nächsten Jahren betrachtet werden. Der disruptive Ansatz geht auch hierbei von lokal begrenzten Gebieten zur Einführung aus (z.B. einzelne Städte) kann aber hierbei vom Start an eine höhere Funktionalität liefern, nämlich sicheres autonomes

Fahren auf Level 5 Niveau (ein Ansatz zur Frage, warum dieses schon heute möglich ist folgt auf den folgenden Seiten).

Im Gegensatz hierzu setzt der evolutive Ansatz auf zum Start hin begrenzte Technik (semi-autonomes Fahren mit Fahrerassistenzsystemen), kann aber dafür direkt flächendeckend überall genutzt werden. Ähnlich wie beim Mobilfunknetz hat der disruptive Ansatz hierbei nicht nur den Vorteil einer höheren Funktionalität (echtes autonomes Fahren) sondern auch vereinfachte Technik (keine fahrerbezogenen Subsysteme wie Lenkrad, Spiegel, Scheibenwischer, etc. mehr nötig) und ein deutlich höheres Sicherheitsniveau.

Um die Vorteile in Bezug auf die beiden relevanten Bereiche Fahrzeugpositionierung sowie aktive Sicherheit / Unfallvermeidung der disruptiven Technik zu nutzen muss aber (wiederum analog zum Mobilfunknetz) eine Infrastruktur geschaffen werden. Ein Ansatz hierzu, basierend auf zwei Systemen, soll im folgenden Kapitel kurz aufgezeigt werden.

CPS - CITY POSITIONING SYSTEM

Die meisten Systeme zur Positionsbestimmung von Fahrzeugen gehen von einer Kombination aus Positionierung von außen und fahrzeug-internen Systemen aus. Die Positionierung von außen wird dabei (vor allem beim Ansatz überall fahren zu können) fast immer über GPS gelöst, welches schon heute ein flächendeckendes System liefert. Die Nachteile dieses Systems sind erstens seine beschränkte Genauigkeit, die für exaktes autonomes Fahren in Grenzsituationen oft nicht ausreichend ist sowie Abschattungen zum Satelliten, welches zum Ausfall des Systems in Gebieten mit Hindernissen führt, vor allem in Innenstädten mit hohen Gebäuden, Tunneln, etc.

Ein denkbarer Ansatz für eine disruptive Lösung ist die Einführung eines Systems analog

zum GPS auf ein kleineres Gebiet bezogen (z.B. eine Stadt). Ein solches System (City Positioning System (CPS) genannt) hätte eigene Fixpunkte (Sensoren) analog zu den Satelliten. Da diese an gezielte Stellen in der Stadt verteilt werden können, kann sowohl ein ausfallsicheres System garantiert werden (keine Verschattung selbst in Tunneln, wenn die Sensoren ebenfalls im Tunnel sitzen), als auch eine mehr als ausreichende Positioniergenauigkeit, da der Abstand zum Sensor nicht wie beim Satellit tausende Kilometer, sondern nur einige wenige Meter beträgt. In Kombination mit den Sensoren im Fahrzeug selbst kann ein CPS eine exakte Positionierung auf Zentimeter genau im gesamten Fahrgebiet garantieren.

Um die Einführungskosten niedrig zu halten und die Stadtbilder nicht zu belasten, bieten sich hierbei Straßenlaternen als Aufstellort für die Sensoren an. Diese sind in fast allen Innenstädten flächendeckend verfügbar, an einem Ort positioniert, der ein freies Blickfeld zur Fahrbahn besitzt und haben schon einen Stromanschluss integriert. Über preisgünstige gepulste Transponder mit ungerichteter, kugelförmiger Signalausbreitung können die Kosten weiter gesenkt werden, so dass der Aufbau einer Infrastruktur eines CPS im Kosten/Nutzen-Vergleich zu anderen Maßnahmen wie z.B. der Bau neuer U-Bahn-Strecken wesentlich besser abschneidet.

Außerdem werden die von Sensoren und Kameras schwer erfassbaren Signale aus Verkehrsampeln durch fehlinterpretationssichere Funksignale ergänzt.

CCS - CITY CONTROL SYSTEM

Neben der exakten Positionierung der Fahrzeuge ist zum sicheren Betrieb einer Flotte von Fahrzeugen im Stadtgebiet die Unfallvermeidung das zentrale Kriterium für die Marktreife eines solchen Systems. Wie weiter oben beschrieben sind schmale Fahrzeuge mit Neigetechnik aufgrund der kleineren

Stirnfläche und guten Fahrstabilitäten im Ausweichverhalten als besonders gut einzustufen. Bei voll-autonomen Fahrzeugen stellt sich aber vor allem die Frage der Hinderniserkennung. Die meisten heutigen Systeme basieren hierbei auf fahrzeuginternen Sensoren, die über optische Bildgebung oder Radar/Lidar-Systeme die Umgebung scannen und so Hindernisse auf der Fahrstrecke identifizieren, um evtl. geeignete Ausweichmanöver zu initiieren. Diese Systeme können dabei einen Großteil der Hindernisse sicher erkennen und klassifizieren, sind aber nicht zu 100% zuverlässig.

Auch hier bietet der disruptive Ansatz eine Chance ein redundantes System, welches durch eine Positionierung der Sensoren außerhalb des Fahrzeugs einen anderen Ansatz verfolgt, zu etablieren. Hierbei ist nicht nur die Redundanz ein Kriterium zur höheren Systemsicherheit, sondern der Ansatz bietet auch Vorteile beim Erkennen von Gefahrenstellen, die die fahrzeuginternen Sensoren nicht liefern können.

Kerne dieses CCS genannten Systems sind ebenfalls in den Straßenlaternen positionierte Kameras, die jeweils einen Sektor der Straße permanent optisch überwachen. Durch die stationäre Positionierung der Kameras ist eine Auswertung des Bildmaterials auf neu auftauchende Hindernisse wesentlich genauer und weniger rechenintensiv gegenüber sich bewegenden Systemen in Fahrzeugen. Auch kann das CCS als Ergänzung zu den Onboard-Systemen Bereiche abdecken und Hinderniswarnungen an die Fahrzeuge übermitteln, die das Fahrzeug selbst noch gar nicht einsehen kann. Ein Beispiel wären Personen auf der Straße hinter der nächsten Ecke, um die das Fahrzeug zu fahren plant. Ein Warn-Signal an das Fahrzeug, dass potentielle Hindernisse auf seiner Strecke sind, kann dieses so verarbeiten, dass die Kurve langsamer als gewöhnlich gefahren wird und das Fahrzeug schon in Bremsbereitschaft ist.

Zum CCS gehört ebenfalls ein eigenes, sicheres Funknetz sowie ein zentrales Kontrollzentrum, über das eine Flotte von Fahrzeugen gesteuert wird und die Informationen erhält.

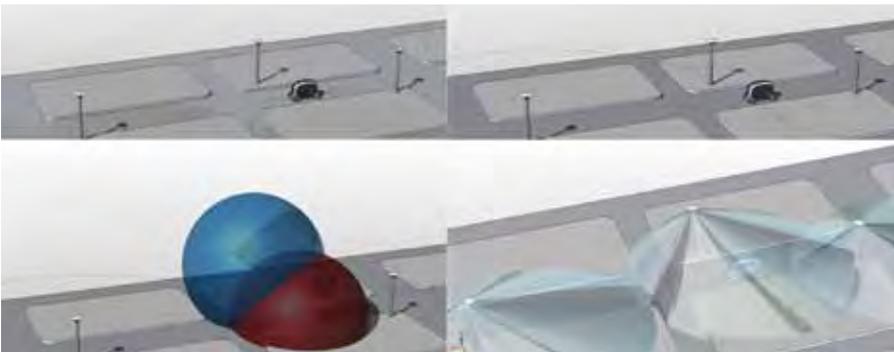
FLAIT - FAST LANE ARTIFICIAL-INTELLIGENCE TRANSPORTATION

Die vorherigen Kapitel haben ein System von autonomen Stadtfahrzeugen als Ruf-Taxis zur sinnvollen Ergänzung des ÖPNV erarbeitet, um in den Innenstädten der Zukunft ein Fahrzeug-System zu etablieren, welches nicht nur den Passagieren einen größtmöglichen Komfort und Nutzen bietet, sondern auch im holistischen Sinne die Aufenthaltsqualität der Städte steigert durch Reduzierung von Verkehr, Emission und Unfallgefahren. „Triple Zero: Null Stau, null Emission und null Unfallrisiko“ kann hiermit nahezu erreicht werden.

Um die Ergänzung zum ÖPNV zu optimieren und auch echten „individuellen Transport auf Abruf“ bieten zu können, würde das System inkl. CPS&CCS-Infrastruktur zum FLAIT-System erweitert. FLAIT verbindet hierbei alle Vorteile individueller, öffentlicher sowie autonomer Fahrsysteme zu einem sinnvollen Gesamtkonzept.

FLAIT basiert auf 100% autonom gesteuerten Fahrzeugen in klar abgegrenzten Gebieten (Innenstädten, Freizeitparks, Messen, Inseln, Gewerbegebieten, etc.). Diese Fahrzeuge sind durch den Wegfall aller Fahrer-relevanten Subsysteme stark vereinfacht und somit auch kostengünstig gestaltet. CPS&CCS garantieren dabei einen sicheren Einsatz auch mit heutiger Technologie. Analog zum Aufbau eines Mobilfunknetzes mit einzelnen Zellen um Funkmasten herum kann auch mit dem FLAIT-System eine schrittweise Etablierung von Stadt zu Stadt stattfinden. Hierbei nutzt jedes neue Gebiet von Anfang an alle Vorteile, die das System bietet. Das Investment ist hierbei sowohl für die Fahrzeuge als auch die Infrastruktur durch den vereinfachten Aufbau in Vergleich zum Nutzen mehr als kostengünstig.

Ein typischer Kunden-Fahrzyklus beginnt beim FLAIT damit, dass der Kunde (oder die Kunden) über eine APP sein Ziel angibt (Vorauswahl aus einem Adressbuch, Text- oder Kartensuche) sowie, wenn nötig, die gewünschte Start- oder Ankunftszeit. Die APP gibt dem Kunden eine Bestätigung, wann sein FLAIT zu ihm kommt, die Ankunftszeit am Ziel sowie die Fahrtkosten. Nachdem der Kunde den Buchungsvorgang bestätigt hat



CPS & CCS in Straßenlaternen

kann er weiterhin seinen Standort verändern, da das FLAIT ihn über sein Handy lokalisiert und zur Ankunftszeit dorthin kommt wo sich der Kunde gerade befindet.

Die Türen öffnen sich nur wenn der Kunde davorsteht (keine Möglichkeit eines „Taxiklaus“) und sobald er eingestiegen ist und sich gesetzt hat startet die Fahrt. Die Fahrt für den (oder die) Kunden findet in komfortabler, privater und nahezu lautloser Atmosphäre statt. Durch die aktive Neigetchnik bleiben auch Papiere oder die Zeitung auf dem kleinen Tischchen am Sitz liegen und der Kaffee schwappt nicht über.

Sobald das FLAIT am Zielort angekommen ist stoppt es und die Türen öffnen sich. Der Kunde steigt aus und hat hiermit den gesamten Vorgang abgeschlossen. Abgerechnet wird bequem über die APP. Das FLAIT schießt nach dem Ausstieg des Kunden ein kurzes Foto von oben in den Innenraum um evtl. vergessene Gegenstände zu identifizieren (dann würde der Kunde direkt in der APP hierauf hingewiesen) und die Sauberkeit für den nächsten Kunden sicherzustellen.

Ein weiteres Derivat des FLAIT-Systems, welches ebenfalls immens zur Entlastung der Innenstädte von Verkehr, Lärm und Emissionen beitragen kann ist ein Lieferfahrzeug. Der Cargo-FLAIT kann hierbei sowohl als „rollende Paketstation“ für Paket-Auslieferungen genutzt werden als auch autonom für die Pizzabestellung. Das Fahrzeug kommt nach vorheriger Ankündigung und Koordination mit dem Empfänger autonom zum Kunden und hält dort vor der Haustür am Straßenrand (durch die geringe Breite wiederum ohne Spurblockade). Der Kunde wird kurz vor Ankunft und noch einmal direkt bei Ankunft per APP informiert und kann dann zum Cargo-FLAIT gehen um nach Identifizierung am Fahrzeug sein Paket oder seine Lieferung in Empfang zu nehmen.

Durch eine modulare Gestaltbarkeit des Aufbaus (verschieden große Boxen, für jede Fahrt individuell passend zusammengestellt) sowie den gleichen Grundaufbau und die Nutzung der gleichen Infrastruktur wie das Passagier-FLAIT konnten auch hier die Kosten für das System auf ein Minimum reduziert werden bei maximalen Reduktionseffekten für den Verkehr und die Beeinträchtigungen im Stadtbild.

ZUSAMMENFASSUNG

Mobilität befindet sich im Veränderungsprozess. Elektrische Antriebe, autonomes Fahren und geänderte Kundenansprüche führen genauso wie ein drängenderes Bedürfnis nach sauberer Luft und weniger Verkehr in den Städten dazu, dass sich in naher Zukunft ein Wandel vollziehen muss und auch kann. Die Ergebnisse dieses Wandels werden die Aufenthaltsqualität in den Städten der nächsten Dekaden stark prägen und für längere Zeit festlegen.

FLAIT zeigt hierfür hergeleitet aus den Problemen und Chancen ein Konzept diesen Wandel zu nutzen um die Städte der Zukunft verkehrstechnisch optimal zu gestalten. Nicht nur für die Verkehrsteilnehmer an sich, sondern auch für alle anderen Bewohner und Besucher der Städte. Trotz der Hürden, die so ein radikaler Ansatz mit sich bringt ist es eine Chance, die es zu ergreifen gilt. Für heute, für morgen und für übermorgen ...

ENTWERFEN MIT LUFT - DANDELION, DAS AUFBLASBARE AUTO

Prof. Jan Vietze, Prof. Dr.-Ing. Ullrich Hoppe
Kooperationsprojekt der Studiengänge
Fahrzeugtechnik und Industrial Design

ABSTRACT

Als Antwort auf die steigende Verdichtung des Innerstädtischen Verkehrs sowie zur Steigerung der Freizeitmobilität, wird im Projekt Dandelion an der HTW Berlin ein komprimierbares Leichtfahrzeug entwickelt. Dazu müssen aufblasbare Strukturen gefunden und konstruiert werden, die gleichzeitig leicht, stabil und preiswert sind. Dies gelingt durch die Kombination von textilen Geweben mit luftdichten Beschichtungen, wie sie auch zum Bau von Freizeitgeräten wie Surfboards oder Zelten Anwendung finden.

NUTZUNGSSZENARIEN

Dandelion ist ein sehr kompaktes und komprimierbares Fahrzeug für zwei Personen und etwas Gepäck. Zielgruppe sind sowohl Camper als auch Menschen, die über keinen Parkplatz verfügen. Das primäre Ziel der Entwicklung ist nicht ein „normales“ Auto für den Alltag. Trotzdem soll die erreichbare Geschwindigkeit innenstadtgerecht mind. 50 km/h betragen und die Reichweite bei über 30 km liegen. Denkbare Szenarien sind z. B. Ausflugs- und Einkaufsfahrten vom Campingplatz aus, Tagestouren ohne mit dem Wohnmobil den Stellplatz verlassen zu müssen und das auch bei schlechtem Wetter. Als maßliche Grundbedingung gilt die bei Wohnmobilen sehr verbreitete Heckgarage, die für die Mitnahme von Motorrollern konzipiert ist (~110x90x150cm).

Das Fahrzeug soll in der Kategorie „L7e“ mit einer Maximalleistung von 15 kW und einer Masse <450 kg eingestuft werden. Die maximale Zuladung sollte bei 200 kg liegen. Das heißt, das Fahrzeug darf nicht mehr wiegen, als ein kleines Motorrad (~120 kg), es muss nicht von einer Person getragen, aber im komprimierten Zustand bewegt werden können. Die Energie kommt dabei aus einem

LiFePO-Akku, der im Wagenboden integriert ist. Das Aufblasen kann sowohl manuell als auch mit einem kleinen Kompressor erfolgen. Der Auf- und Abbau muss allerdings in möglichst kurzer Zeit erfolgen.

FAHRZEUGKONZEPT

Aus den Nutzungsszenarien und den Forderungen nach Leichtbau und Komprimierbarkeit, ergeben sich komplett neue Anforderungen an die Gestaltung. Nicht nur aufgrund der durch die Packmaße vorgegebenen Dimensionen wie Radstand und Spurweite, sondern insbesondere durch die Verwendung aufblasbarer Elemente, musste ein von herkömmlichen Fahrzeugen abweichendes Design gesucht werden. Auch an den Antrieb und das Fahrwerk stellen sich völlig neue Anforderungen. Bestimmendes Element ist eine Zweiteilung in eine sehr steife, zusammenklappbare Bodengruppe und eine aufblasbare Karosserie.

DESIGNKONZEPT

Grundlage für die ersten Entwürfe sind Studien zum Package Design und Untersuchungen zu ergonomischen Aspekten wie Sitzposition, Sichtfeld und Bedienung. Eine Vielzahl von ersten Skizzen wurde zum Beginn des Projektes erstellt, um zunächst ein grundsätzliches Designthema aus der Fülle bereits existierender Fahrzeugkonzepte zu finden. Das Ziel ist es, hier einen Gesamtausdruck spezifisch für das Thema luftgefüllter Elemente im Bereich Fahrzeugdesign zu finden. Angestrebt wurde ein defensiv-freundlicher Ausdruck mit sportlich freizeitorientierten Elementen (Abbildung 1). Die weitere Untersuchung fand dann unter Berücksichtigung der konstruktiven, zulassungstechnischen und ergonomischen Bedingungen rechnergestützt (3D CAD) statt. Insgesamt galt es immer, den aus dem Grundkonzept und den Rahmenbedingungen resultierenden Ausdruck des Fahrzeugs gestalterisch vorteilhaft einzubinden. Wichtig ist es vor allem, die Nutzerakzeptanz gegenüber diesem neuartigen Fahrzeug-



Abbildung 1 Frontansicht (Designentwurf Tillmann Kayser)



Abbildung 2 Seitenansicht (Designentwurf Tillmann Kayser)

konzept zu erhöhen und eine faszinierende Eigenständigkeit, trotz der einschränkenden Rahmenbedingungen, zu erreichen. Das Farbkonzept soll Aufbau und Konstruktion klar verdeutlichen und die Eigenschaften der einzelnen Bauelemente gegenüber dem Nutzer kommunizieren (Abbildung 2).

Die deutlich weich und abgerundet ausgeführte Bodengruppe wird in den oberen Karosserieelementen formal aufgenommen und weitergeführt. Durch die klare Zweiteilung wird auch die Längsausrichtung des Fahrzeugs betont und der Gesamteindruck wird horizontal geprägt. Bedingt durch die Drop-Stitch-Technologie der aufblasbaren Elemente, können typische Gestaltungselemente aus dem Automotive Design wie scharfe Kanten, Sicken und Fasen nicht dargestellt werden. Das führt zu einer eher glattflächigen und monolithischen Flächenausformung. Das Thema aufblasbare Elemente wird dadurch sehr gut transportiert, ohne zu stark in den Bereich von Wasserfahrzeugen (Schlauchboote/Kajak) abzudriften. Auch die stabilisierenden rohrförmigen Elemente, die Frontscheibe und Dach aufnehmen, fügen sich in diesen Designansatz ein. Insgesamt schlägt das Fahrzeug durch das offene und additive Gestaltungsprinzip klar die Richtung Off Road/Strandbuggy ein. Da das kammerförmige Drop-Stich-Material eher nur für gerade oder eindimensional gekrümmte Flächen verwendbar ist, stellt insbesondere die Umsetzung des vorderen Fahrzeugbereiches eine große Herausforderung dar.

KAROSSERIE

Resultat des Designprozesses ist ein offenes Fahrzeug ähnlich eines Roadsters. Im Schlechtwetterfall kann dann durch Folien und/oder Stoffbezüge das Fahrzeug geschlossen werden. Der obere Aufbau hat grundsätzlich keine strukturtragende Funktion, sondern bietet vor allem Wetterschutz. Die einzigen von dem Aufbau getragenen

Elemente, sind die Windschutzscheibe, die Sitze und die Abgrenzung des Kofferraums. Die großen aufblasbaren Elemente bieten den Insassen auch Schutz im Crashfall. Dazu sind aber noch weitergehende Untersuchungen nötig. Die Karosserieelemente können im entlüfteten (evakuierten) Zustand vollständig in den Halbschalen verstaut werden. Als Materialien kommen sowohl aufblasbare Schläuche („Air-Tubes“) als auch flächige Strukturen aus Drop-Stitch-Gewebe in Frage. Möglichst viele Elemente sind durch Luftkammern miteinander verbunden, sodass ein gleichzeitiges Aufblasen stattfinden kann. Die Maße im fahrfertigen Zustand sind ca.: Länge: 210 cm, Breite: 150 cm, Höhe: 140 cm.

INNENRAUM

Neben den zwei Sitzen besteht der Innenraum aus dem Kofferraum im Heck und dem Armaturenbrett (Dashboard), das als Halterung für die Lenksäule und die Unterkante der Windschutzscheibe dient. Das Armaturenbrett besteht aus einem faltbaren und einem aufblasbaren Teil. Der faltbare Teil überträgt die auftretenden Zugkräfte aus der Lenksäule, die aufblasbaren Komponenten sorgen für die Stabilität. Das Lenkrad ist von der Lenksäule abnehmbar und wird als Diebstahlschutz vom Fahrer mitgenommen. Im Lenkrad befinden sich auch die Anzeigeelemente. Faltbare Sitze mit integrierter Kopfstütze und fester Verbindung zu den aufblasbaren Karosserieteilen sorgen für einen gewissen Komfort.

FAHRWERK

Das Dandelion soll mit Einzelradaufhängungen ausgestattet werden. An der Vorderachse kommen Doppelquerlenker zum Einsatz, an der mit zwei 48V Motoren und Reduziergetrieben angetriebenen Hinterachse arbeiten Längslenker. Der selbsttragende Unterboden trägt nicht nur den aufblasbaren Aufbau, sondern auch alle Aufhängungen und Antriebselemente. Diese Bodengruppe besteht aus zwei, über Scharnier- und

Klemmverbindung miteinander verbundenen Halbschalen. Im zusammengeklappten Zustand befinden sich alle Elemente der Fahrzeughülle, der Innenraum, die Sitze sowie Antriebsstrang und Lenkung (mit Ausnahme des Lenkrades) im Inneren der Halbschalen. Die Achsen bleiben außen befestigt, die Räder werden zum Transport mittels Schnellverschlüssen von den Achsen getrennt und dienen dem Transport des komprimierten Fahrzeuges. Die Halbschalen bestehen aus laminiertem, faserverstärktem Kunststoff mit einem eingearbeiteten Verstärkungsrahmen aus Aluminium, an dem auch die Achsträger befestigt sind. In den Halbschalen (Vorzugsweise am Boden) sind die Akkus (16

Stk LiFePO4) gleichmäßig verteilt, die Motoren und Getriebe sind ebenfalls fest in die Halbschalen integriert (Abbildung 3).

Für den Fahrkomfort sind vorne quer zur Fahrtrichtung liegende, kompakte Feder-Dämpfer-Elemente und an der Hinterachse zwei gezogene Längsschwingen mit liegend im Innenraum angeordneten Feder-Dämpfer-Elementen verantwortlich. Die hohl ausgeführte Schwingenwelle beherbergt die Antriebswelle zu den Hinterrädern.

Gebremst wird hauptsächlich elektrisch und zusätzlich je nach Bedarf mit Trommelbremsen an den Vorderrädern.

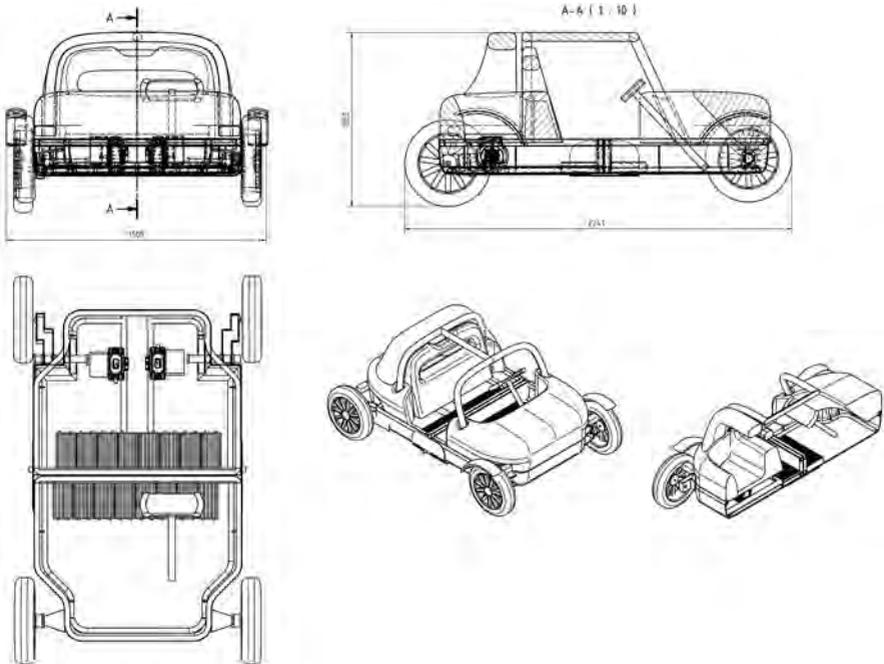


Abbildung 3 Konstruktionsskizze (Vorentwurf U. Hoppe)

Die gesamte Lagerung befindet sich in den Achsschenkeln und die Räder werden an diesen mit Schnellverschlüssen montiert. Die Schnellverschlüsse haben vorgespannte Sicherungen und arbeiten formschlüssig.

ANTRIEB

Der Antrieb erfolgt auf die Hinterräder. Aufgrund der abnehmbaren Räder kommen Radnabenmotoren nicht in Frage. Neben dem Problem der elektrischen Verbindung stellt vor allem das Gewicht der Motoren ein Hindernis dar. Stattdessen werden zwei in die Bodengruppe integrierte Elektromotoren genutzt. Bei zwei Motoren kann dann auch auf ein Differential verzichtet werden. Die Motorleistung sollte jeweils bei 3-5 kW Dauerleistung (aus 48V) liegen. Da die Motoren geringe Momente und hohe Drehzahlen aufweisen, muss zwischen Motor und Rad ein Getriebe verbaut werden. Idealerweise ist das Getriebe in zwei Stufen lastschaltbar, um eine höhere Rekuperationsrate zu erreichen. Vorteilhaft ist auch die (zulassungsbedingte) zweite, unabhängige Bremse im Getriebe zu positionieren.

FAZIT

Die Besonderheit an diesem Projekt ist nicht nur die Tatsache, dass eine völlig neue Art von Kraftfahrzeug entwickelt wird, sondern, dass von Beginn der Entwicklung an Konstruktion und das Fahrzeugdesign zusammen entwickelt werden und somit den daran beteiligten Studenten vermittelt wird, wie stark sich die beiden Disziplinen gegenseitig beeinflussen.

Anhand eines fahrfertigen Prototyps sollen zunächst weitere Erkenntnisse gesammelt werden.

Das Projekt versteht sich als Grundstock für die Forschung und Entwicklung einer neuartigen Technologie und wird nicht mit dem Bau des Prototyps beendet sein. Spätestens, wenn Möglichkeiten zur Serienfertigung oder Erweiterung des aufblasbaren Konzeptes gefunden werden müssen, wird die gegenseitige Abhängigkeit von Form und Funktion wieder deutlich.

STRASSENLEUCHTEN MIT INTEGRIERTER LADESTATION FÜR ELEKTROAUTOS

Prof. Dr.- Ing. Peter Marx

www.mx-electronic.com - info@mx-electronic.com

ZUSAMMENFASSUNG

Viele der in der EU vorhandenen rd. 60 Mio. Bestands-Laternen (davon rd. 9 Mio. in Deutschland) können relativ preiswert zum Laden ertüchtigt werden und damit den vielen Wohnungsmietern ohne eigenen Stellplatz bzw. Garage die Möglichkeit eröffnen, sich ein E-Fahrzeug anzuschaffen.

Diese Kombilaternen sind kostengünstiger als zwischen den Laternen separate und i. A. sehr teure Ladestationen aufzustellen. Wie bekannt, sind auch die meisten Stadtarchitekten gegen eine zunehmende Zahl von Stadtmöbeln in Form von einzelnen Ladestationen, die zwischen den Laternen installiert werden.

Vorteilhaft ist auch, dass die Laternen-Ladestationen in den Dunkelstunden beleuchtet sind.

DIE AKTUELLE ÖFFENTLICHE LADESITUATION

Die öffentliche Ladeinfrastruktur ist ein chaotischer Flickenteppich. Regionale Monopolisten diktieren Preise und schaffen ein babilonisches Wirrwarr an Bezahlkarten, Apps und Abrechnungs-Systemen. Ladekunden sollten jedoch zum Haushaltsstrom-Tarif an jeder Ladesäule laden können.

Wettbewerb ist nur direkt an der Ladesäule möglich. Der Fahrer wählt seinen Fahrstrom-Lieferanten so frei wie er heute auch seinen Haushaltsstrom-Lieferanten wählt. So kann jeder E-Autobesitzer den Stromtarif seines Wunschversorgers mit einer Ladekarte an jeder öffentlichen Ladesäule auswählen. Die Verbraucherschützer beklagen Preisunterschiede, unrichtige kWh-Werte und defekte Ladesäulen.

Wer eine öffentliche Ladestation ansteuert, erlebt nach Einschätzung von Verbraucherschützern viel zu oft ein blaues Wunder. Die Preise weichen teils um einige 100 Prozent voneinander ab, ohne dass die Nutzer das sofort merken würden.

In einem Forderungskatalog mahnen die Verbände faire Preise, deutlich mehr Transparenz und einheitliche Zahlungsmodelle an. Die öffentliche Ladeinfrastruktur muss einfach und transparent zu nutzen sein, fordern die Verbraucherzentrale Bundesverband, der Bundesverband Car-Sharing und mehrere Interessenverbände für Elektromobilität.

Experten beklagen bislang einen regelrechten Wildwuchs an den Stromzapfsäulen. Bei seinem aktuellen jährlichen Vergleich stellte der Stromanbieter Lichtblick je nach Region und Anbieter Preisunterschiede von 300 Prozent fest. Dem Test zufolge kostete spontanes Laden ohne festen Vertrag z. B. bei EnBW 54,4 Cent pro Kilowattstunde. Da mal pauschal pro Ladevorgang, mal nach Zeit und mal nach Kilowattstunden abgerechnet wird, ist ein Preisvergleich oft kaum möglich. Erst bei den Monatsabrechnungen erkennt man die wahren Kosten.

Die Verbraucherschützer decken teils groteske Zustände an Ladesäulen auf. So müssten Verbraucher bei Tarifen pro Tankvorgang auch dann zahlen, wenn aus technischen Gründen der Ladevorgang nach kurzer Zeit abbricht - „ohne dafür eine Gegenleistung zu erhalten“. Zeitbasierte Tarife diskriminierten Verbraucher, deren Autos langsamer laden. Die geplante neue Ladesäulenverordnung der Bundesregierung soll das Laden an allen öffentlichen Ladestationen ohne ein Vertragsverhältnis mit dem Stromlieferanten oder dem Ladesäulenbetreiber ermöglichen. In Deutschland existieren z. Z. rund 13.500 öffentliche und teilöffentliche Ladepunkte an insgesamt rund 6.700 Ladesäulen. 13 Prozent davon sind Schnelllader. Hinzu kommen

noch ca. 70.000 private Lademöglichkeiten. Der deutsche Staat will weitere 12.000 öffentliche Ladepunkte mit 300 Mio. € fördern.

Aktuell gibt es in Deutschland etwa 54.000 reine E-Autos und ca. 44.500 Plug-in-Hybridautos. Die meisten Elektrofahrzeuge besitzen Personen mit einem Eigenheim, weshalb rd. 80 Prozent der Ladevorgänge an heimischen Ladestationen in Garagen bzw. eigenen Stellplätzen stattfinden.

Vorteil: Das Laden zu Hause erfolgt zum Haushaltsstromtarif von ca. 26 Cent pro kWh. Eine Ladestation (sog. Wallbox) mit 11 kW (400 V, 3 x 16 A) - diese sind überwiegend im privaten Bereich installiert - kostet etwa 600 €. Hinzu kommen die Kosten für die elektrische Installation der Ladestation in der Garage bzw. auf dem Stellplatz.

Wenn z. B. im Keller des Eigenheims bereits ein Drehstromanschluss mit 400 V / 3 x 63 A vorhanden ist, kommen noch etwa 1000 € für die elektrische Leitungsverlegung und die Inbetriebnahme der Wallbox hinzu. Somit kann man mit etwa 1600 € netto rechnen. Die Gesamtkosten zzgl. Umsatzsteuer betragen dann rd. 1900 €.

Im Stadtverkehr benötigt ein E-Auto für 100km zirka 15 kWh, d.h. das Laden zu Hause kostet nur

15 kWh x 0,26 € = 3,90 € für 100 km

Das Laden an öffentlichen Elektroauto-Ladesäulen dagegen ist kompliziert und teuer. Verwirrende Tarifstrukturen, unterschiedliche Zugangsvoraussetzungen sowie eine Vielfalt von Abrechnungsmethoden verkomplizieren den Alltag der Kunden.

Die Preise an den Ladesäulen liegen teilweise signifikant über dem Haushalts-Kilowattstundenpreis. Damit sind die Stromkosten für 100 km teurer als das Tanken von Benzin oder Diesel pro 100 km. Diese Preispolitik ist kon-

traproduktiv und benachteiligt Mieter ohne eigene private Lademöglichkeit.

Öffentliche Ladesäulen bis 22 kW kosten in etwa 10.000 € zzgl. jährliche Unterhaltskosten. Momentan kommen in Deutschland rd. 8 E-Autos auf einen öffentlichen Ladepunkt. Im Mittel fahren diese 11.000 km im Jahr, d.h. pro Auto werden 110 x 15 kWh = 1650 kWh zum Laden benötigt.

Würden alle E-Fahrzeuge nur an öffentlichen Ladepunkten laden, käme statistisch auf einen Ladepunkt ein Umsatz von 8 x 1650 kWh = 13.200 kWh.

Das entspricht einem Jahresumsatz von 13.200 kWh x 0,26 € = 3.432,00 € bzw. 286,00 € pro Monat. Da derzeit jedoch ca. 80% der Ladevorgänge privat zu Hause erfolgen, beträgt der monatliche Umsatz nur noch 286 € / 5 = 57,20 €.

Aus diesen Zahlen wird deutlich, dass hier kein wirtschaftlich erfolgreiches Ladesäulen-Geschäftsmodell generiert werden kann, selbst wenn der Staat etwa 60 % der Ladesäulenkosten übernimmt und die Kilowattstunde an der öffentlichen Ladesäule viel mehr kostet als 26 Cent.

Fallbeispiel:

Ein Wohnungsinhaber ohne eigenen Ladepunkt möchte im Umfeld seines Wohnhauses sein E-Auto aufladen:

Er kommt gegen 17 Uhr von der Arbeit und sucht eine Lademöglichkeit. Mit Glück findet er eine freie öffentliche Ladesäule in der Nähe seiner Wohnung. Nach der Ladung - der kWh-Preis ist signifikant höher als der Haushaltsstromtarif - und wg. des üblichen Zeittarifs muss er dann gegen 22 Uhr das Fahrzeug umparken. Um diese Uhrzeit ist wohl nur mit viel Glück noch ein freier Parkplatz in der Nähe der Wohnung zu finden. Dieses umständliche und teure Ladeverfah-

ren kann folglich nicht der Schlüssel zum Erfolg der E-Mobilität mit E-Autos von Mietwohnungs-Nutzer*innen sein.

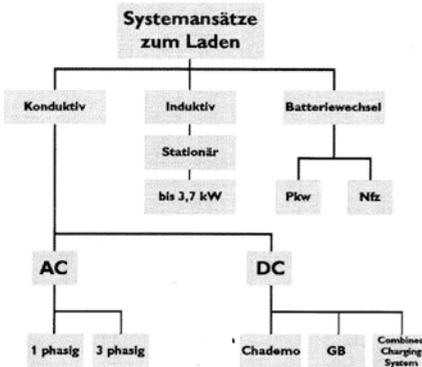
LADE-STRATEGIEN

Man muss differenzieren zwischen langsamem Laden (AC, DC und induktiv) z. B. zu Hause, am Arbeitsplatz, an Ladelaternen in Wohnstraßen und schnellem DC-Laden (bis 450 kW) an Autobahnen, Bundesstraßen usw.

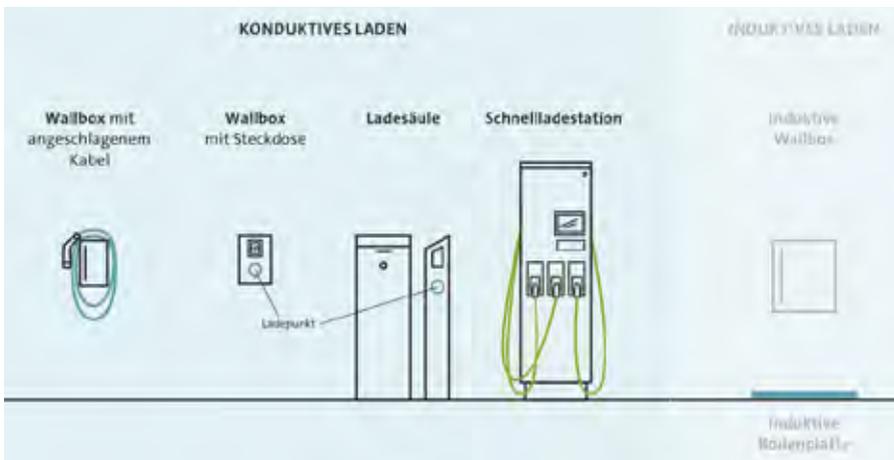
Elektrofahrzeuge können prinzipiell mit Ein- bzw. Dreiphasen-Wechselstrom (AC) oder mit Gleichstrom (DC) geladen werden. Beim AC-Laden übernimmt ein im E-Auto eingebauter Gleichrichter die Umwandlung in den erforderlichen Lade-gleichstrom.

Die neuen Elektroautos werden standardmäßig eine CCS-Steckdose an Bord haben, damit sie an AC-Ladesäulen und DC-Schnell-Ladepunkten laden können.

In den nächsten Jahren wird sicher das AC-Laden noch eine gewisse Bedeutung haben. Um das umständliche Hantieren mit unterschiedlichen Kabeln und Steckern zu vermeiden, wird sich zukünftig das DC-Laden mit einem einheitlichen DC-Stecksystem für langsames Laden an Laternen bzw. an einer Wallbox zu Hause durchsetzen, d.h. ein zweipoliger DC-Stecker mit einer Kommunikations-Steckverbindung (z. B. CAN-Bus) und einem Erdleiter, womit langsames und schnelles Laden ermöglicht wird, vergleichbar mit dem Schuko-Stecksystem, mit dem eine 2 W LED-Leuchte oder auch ein 2000 W Staubsauger mit Strom versorgt werden kann.



Systemansätze zum Laden /6/ Seite 84



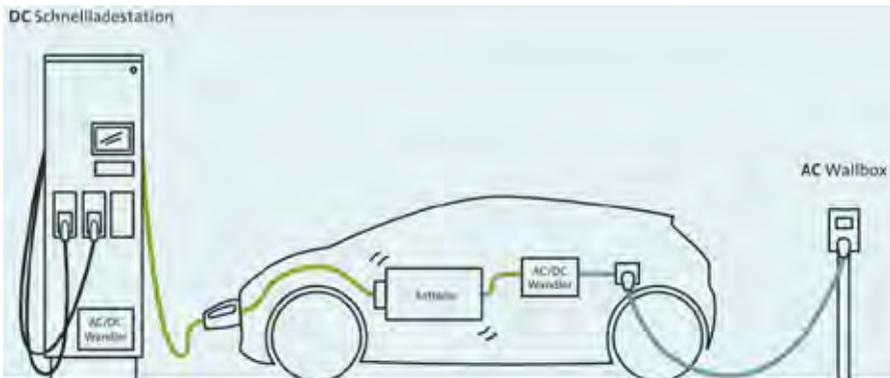
Verschiedene Lademöglichkeiten, /9/ Seite 10

SPANNUNGSART	Wechselstrom			Gleichstrom
	AC (3-phasig) ¹	AC (1-3-phasig)	AC (1-3-phasig)	DC
MAX. STROMSTÄRKE	10 A	13 A (1-phasig) 16 A (1-phasig) 16 A (2-phasig) 32 A (3-phasig)	32 A (1-phasig) 16 A (2-phasig) ² 32 A (2-phasig) 32 A (3-phasig)	bis 700 A
MAX. LADELEISTUNG	2,3 kW	3 kW (1-phasig) ¹ 3,7 kW (1-phasig) 7,2 kW (2-phasig) ¹ 22 kW (3-phasig)	7,4 kW (1-phasig) 7,2 kW (2-phasig) ² 15 kW (2-phasig) 22 kW (3-phasig)	350 kW

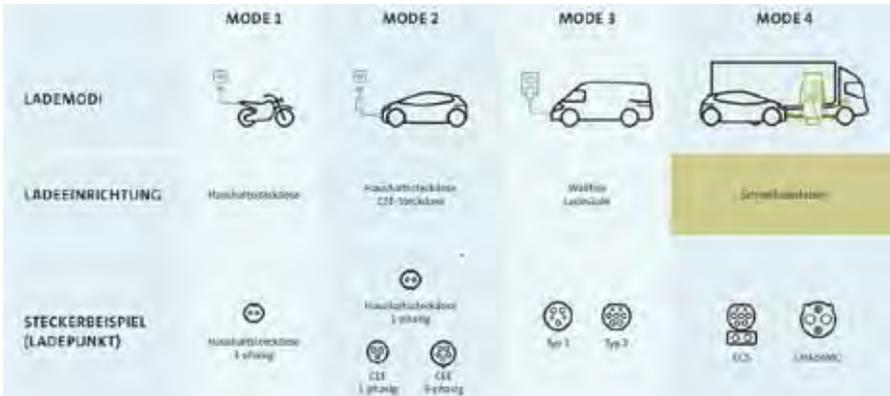
Ladeleistungen bei Gleich- bzw. Wechselstrom, /9/ Seite 8

Ladetechnik	Wallbox	AC-Ladesäule	DC-Ladesäule
Ladeleistung	> 3,7 kW	~ 11 – 22 kW	50 kW
Hardware	1.200 €	6.000 € - 8.000 €	30.000 €
Netzanschlusskosten	0 – 2.000 €	2.000 €	bis 50.000 € u. mehr
Genehmigung / Projektierung	500 €	1.000 €	1.500 €
Installation / Beschilderung	500 €	2.000 €	3.500 €
Summe Investition (CAPEX)	2.200 €	12.000 €	35.000 € zzgl. Netzanschluss
Betrieb / Wartung / Backend (OPEX)	1.000 €/a	1.500 €/a	3.000 €/a

Nettokosten von Ladestationen, /10/ Seite 90



Laden mit Gleich- oder Wechselstrom /9/, Seite 7



Verschiedene Lademodi und Steckertypen, /9/ Seite 8

Diese DC-Steckverbindung hat eine einheitliche Bauform und ist für die maximale Schnellladung (1000 V / 500 A / 500 kW) wie auch für langsames Laden gleichermaßen geeignet. Zukünftig wird auch das Induktionsladen mit Leistungen bis etwa 11 kW an Bedeutung gewinnen für das langsame Laden zu Hause, am Arbeitsplatz, an Ladelaternen in den Wohnstraßen, für Hotelparkplätze usw.. Dieses bietet dann einen sehr hohen Ladekomfort und ist noch einfacher und bequemer als das jetzige Tanken von Benzin oder Diesel.

Es sei daran erinnert, dass Tesla und auch japanische Hersteller (CHademo-System) primär ihre E-Autos mit DC-Ladetechnik ausgestattet haben. Nur durch die AC-Fehlentwicklung in D und EU wurden diese gezwungen, AC-Adapter in ihre Fahrzeuge einzubauen.

Die Ladegeräte für Handys, Elektrorasierer usw. liefern eine kleine Gleichspannung zum Laden und keine Wechselspannung, denn in den mobilen Geräten ist kein Platz für eine Gleichrichtung. Nur die E-Autos sind noch mit Gleichrichtern ausgestattet, obwohl diese in die Ladestation gehören.

Mit 6 preiswerten Leistungs-Dioden kann aus dem Drehstromnetz (400 V / 230 V) eine Gleichspannung von ca. 540 VDC erzeugt werden, die hervorragend geeignet ist, E-Autos aufzuladen.

EINFACHE GLEICHSTROM-LADETECHNIK

Da die Fahrzeugbatterie eine Gleichstromquelle ist, muss diese prinzipiell auch mit Gleichstrom geladen werden, d. h., anstelle von AC-Ladeverfahren sollte zukünftig nur noch DC-Laden im Leistungsbereich von etwa 4 kW ... 500 kW für sämtliche E-Fahrzeuge eingeführt werden. Die Ladung erfolgt nur mit Gleichstrom mit einer einheitlichen Steckverbindung (2 Kontakte für Gleichstrom bis 500 A und bis 1000 V, 1 Kontakt für die Schutzerdungs-Leitung) sowie 2 kleine Kontakte für die Kommunikation zwischen Ladestation und E-Auto.

Die Gleichrichtung erfolgt in der Ladestation und nicht im E-Auto.

Im E-Fahrzeug würde das einphasige bzw. dreiphasige AC / DC-Ladegerät entfallen, das spart im E-Auto Kosten, Volumen und Masse und es kann nur ein Stecksystem für den gesamten DC-Leistungsbereich verwendet wer-

den. Damit ist dann langsames und schnelles Laden überall möglich. Die Vielzahl der heute vorhandenen Stecker für AC und DC-Laden kann entfallen. (z.B. Schuko, Typ 2, CCS, Chaddemo usw.)

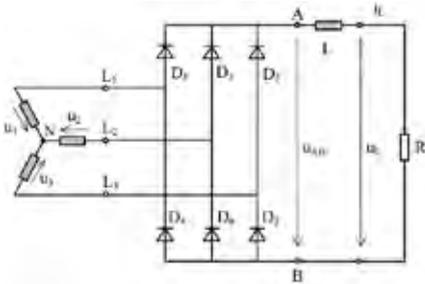


Das Ladekabel ist fest mit der Ladestation verbunden, wie der Tankschlauch an der Tankstelle. /11/

Prinzip der Drehstrom-Gleichrichtung

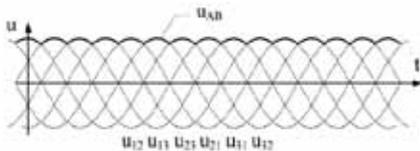
Eingang: 230 / 400 VAC

Ausgang: 538 VDC



$$U_s = 230 \text{ V} \sqrt{2} = 325,27 \text{ V}$$

$$U_{I-2} = 230 \text{ V} \sqrt{3} = 398,37 \text{ V}$$



Ausgangs-Gleichspannung mit geringer Welligkeit ($f_{\text{Brumm}} = 300 \text{ Hz}$)

$$U_{AB\text{-max}} = 230 \text{ V} \sqrt{3} \sqrt{2} = 398,37 \text{ V} \sqrt{2} = 563,38 \text{ V}$$

$$U_{AB\text{-eff}} = 538,47 \text{ V}$$

$$U_{AB\text{-DC}} = 537,99 \text{ V}$$

Ladeleistungen

mit Drehstromgleichrichtung

In Abhängigkeit der verfügbaren Dreiphasen-Stromstärken ergeben sich folgende Ladeleistungen:

$$P = \sqrt{3} UI$$

$$P = \sqrt{3} 400 \text{ V} 6 \text{ A} = 4 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} 400 \text{ V} 10 \text{ A} = 7 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} 400 \text{ V} 16 \text{ A} = 11 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} 400 \text{ V} 32 \text{ A} = 22 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} 400 \text{ V} 64 \text{ A} = 44 \text{ kW}$$

Die Realisierung der Gleichrichtung erfolgt mit 6 Dioden in ungesteuertem Betrieb. Öffentliche DC-Ladestationen werden derzeit zu sehr hohen Preisen angeboten (bis etwa 40.000 €). Diese Kosten erscheinen überhöht, da eine 400 V - Drehstrom-Gleichrichterbrücke mit 6 Leistungsdioden je nach Stromstärke nur zwischen 10 € - 60 € kostet. Unter bestimmten Voraussetzungen kann mit 6 IGBTs (Transistoren oder Thyristoren) im gesteuerten Betrieb sogar Energie zurückgespeist werden (V2G-Prinzip).

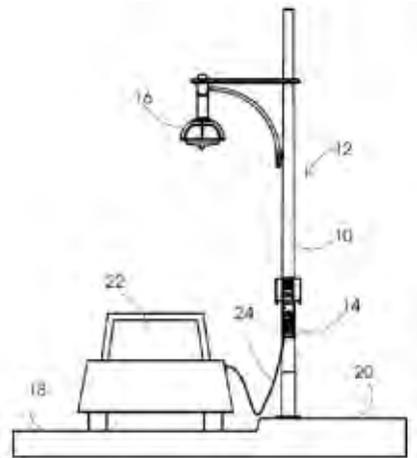
Die Ladegeräte für Smartphones, für Laptops, oder andere digitale Tools werden prinzipiell mit einem Niedervolt-Gleichspannungsausgang ausgerüstet, da im mobilen Teil kein Platz für die Gleichrichtung ist. Nur bei E-Autos leisten sich die Entwickler den überflüssigen Luxus, die Netzgleichrichtung an Bord mitzuführen, was natürlich unwirtschaftlich ist.

STRASSENLATERNEN MIT LADESTATIONEN

In Berlin gibt es z. B. 224.500 Straßenlaternen, davon werden 181.000 mit Strom betrieben und noch rund 31.500 mit Gas. Straßenlaternen werden überwiegend über eigene Leitungen versorgt. Wenn eine bereits vorhandene Straßenlaterne mit einer Ladeseinrichtung versehen werden soll, muss i.d.R. ein elektrischer Anschluss durch Aufgraben und Verbinden mit dem üblichen 400 V / 230 V Erd-Netzkabel hergestellt werden. Dieses ist auch erforderlich, wenn eine Ladesäule zwischen den Laternen installiert werden soll, d.h. der Aufwand für den Anschluss an die städtische Stromversorgung ist in beiden Fällen gleich, jedoch ist die Kombination der Laterne mit der Ladefunktion kostengünstiger, außerdem gibt es kaum Schwierigkeiten mit der behördlichen Genehmigung wie bei neu zu errichtenden Ladesäulen zwischen den Laternen (Sondernutzungsurlaub usw.).

In einigen Städten, z.B. Berlin, Hamburg, Köln sind die Straßenleuchten direkt mit der 400 V / 230 V Netzleitung verbunden. Hier ist der Anbau einer Ladeseinrichtung besonders preiswert, da das Aufgraben und der Stromanschluss (Kosten i. d. R. 1000 €) entfallen, wenn bereits alle drei Phasen L1, L2, L3 und der Null-Leiter N am Laternen-Anschlusspunkt zur Verfügung stehen. Auch ein aufrollbares Ladekabel könnte sich in der Ladestation für langsames Laden befinden. Im Fahrzeug entfielen dann unterschiedliche Ladekabel und Adapter.

Viele Straßenlaternen in Europa werden bis 2030 ausgetauscht und um neue intelligente Funktionen erweitert, z.B. als WLAN-Sender, Notrufsäule, zur Verkehrs- und Parkraumüberwachung, für Umweltmessungen, mit Sensoren und Überwachungskameras. Nachrüstungen und Neuinstallationen der Beleuchtung im öffentlichen Raum sind deshalb eine ausgezeichnete Gelegenheit, um über die Kombination mit E-Auto-Ladestationen nachzudenken.

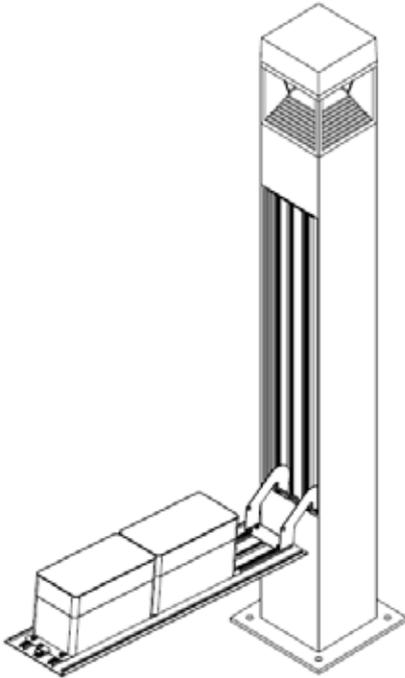


Kombi-Straßenleuchte mit Ladestation für Elektrofahrzeuge /12/

Die im Juli 2016 für die Berliner Selux AG patentierte Leuchtenmast-Ummantelung bietet genügend Raum, um die Elektrik und Elektronik für das AC-, DC- und induktive Laden einzubauen.(1, 2, 3)

Wie bereits erläutert, kostet die komplette Installation einer privaten Ladestation in einem Eigenheim (sog. Wallbox) mit 11 kW rd. 1900 €. Würde von Mieter*innen, die sich ein E-Auto anschaffen wollen verlangt, denselben Betrag aufzuwenden, um die Laterne vor dem Wohnhaus zum Laden zu ertüchtigen, könnte dieser Ladepunkt mit eigenem kWh-Zähler incl. des Parkplatzes vor der Laterne reserviert werden. Die Ladesteckdose wäre nur mit einem Sicherheitsschlüssel zu öffnen.

Dann würde auch nur Haushaltsstromtarif gezahlt und sozial Gleichbehandlung gegenüber Garagen- / Stellplatzbesitzenden gewährt. Wenn die Laternenladestation zwei Ladepunkte für zwei Mietparteien bereitstellt, stehen maximal 3800 € zur Verfügung. Dieser Betrag ist für die Installation mehr als ausreichend, da hier unkomplizierte Technik



Poller-Ladeleuchten mit servicefreundlicher ausklappbarer Lade-Elektrik /12/

Straßenlaternen mit Ladestationen (Kombilaternen), /12/

ohne elektronische Zugangsberechtigung und Datenübertragung des Verbrauchs usw. erforderlich ist, vergleichbar mit der technisch unkomplizierten Wallbox im Eigenheim.

Die Prozesse könnten folgendermaßen ablaufen:

Mit dem Kauf eines E-Auto beantragt Person A bei der für die Stadtbeleuchtung zuständigen Behörde und bei dem örtlichen Stromversorger die vorhandene Laterne vor dem Haus mit einer Ladestation auszurüsten. Eine Installationsfirma wird mit der Herstellung beauftragt.

Person A beteiligt sich mit 1900 € an den Kosten. Die Bezahlung des Ladestromverbrauchs zum Haushaltsstromtarif erfolgt wie in der Wohnung durch Ablesen des separaten kWh-Zählers in der Ladestation.

Die Verkehrsbehörde reserviert den Parkplatz vor der Laterne für das Fahrzeug dieser Person. Mit dieser Ladestrategie wird es den Mitbürger*innen die in Mietwohnungen leben - ermöglicht, ein E-Fahrzeug anzuschaffen und problemlos aufzuladen, wobei sie gleichzeitig bzgl. der Ladestromkosten sozial gleichgestellt sind mit Besitzenden von Wohneigentum mit eigener Garage bzw. eigenem Stellplatz. Auch auf Firmen- und Behörden-Parkplätzen sowie für Großsiedlungen mit Parkplätzen z. B. in Innenhöfen von Häuserblöcken sind die Ladestationen mit einem integrierten personen-gebundenen kWh-Zähler vorteilhaft einzusetzen.

LADEN MIT SOLARSTROM

Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit Straßenlaternen mit einem Solarpanel auszustatten, um die Leuchte autark mit Strom zu versorgen. Diese Solarleuchten könnten auch Elektrofahrzeuge mit geringer Leistung langsam aufladen. Auch ein Carport-Dach mit Solarpanelen kann Ladestrom zur Verfügung stellen. Ein Beispiel kann im Berliner Oberstufenzentrum für Kraftfahrzeugtechnik besichtigt werden.

Beispielrechnung:

Eine Fotovoltaik-Anlage mit 1 kWpeak benötigt etwa 10 m². Mit dieser Solarpanel-Fläche (Preis ca. 1800 €) ist es in Deutschland möglich, etwa 1000 kWh elektrische Energie pro Jahr zu erzeugen.

Bei einem Verbrauch eines E-Autos von 15 kWh für 100 km reichte diese Energiemenge im Idealfall für

$1000 \text{ kWh} / (15 \text{ kWh}/100 \text{ km}) = 6.666 \text{ km}$
elektrische Fahrstrecke pro Jahr.

Da die Lebensdauer von Solarzellen etwa 30 Jahre beträgt, könnten in dieser Zeit mit dem E-PKW rd. 200.000 km zurückgelegt werden zu einem Energieerzeugungspreis von 1.800 €.

FAZIT

Batterie-elektrische Autos sind ungleich effizienter als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Es ist nicht nur wünschenswert, sondern für den Erfolg des elektrischen Fahrens zwingend notwendig, dass dieser finanzielle Vorteil durch signifikant niedrigere Kilometerkosten für den Fahrer eines Elektrofahrzeugs eindeutig sichtbar ist. /4/, /7/

Neues Eichrecht zur Ladeinfrastruktur: Ladesäulen müssen ab April 2019 in Deutschland eichrechtskonform sein, denn die meisten Ladesäulen können bislang den Lade-Strom nicht eichrechtskonform zählen. Die geladenen kWh müssen zukünftig exakt gezählt werden und auch der Preis muss klar an der Ladesäule ersichtlich sein. Das ist wichtig, denn das als Tarifwirrwarr oder schlichte Abzocke wahrgenommene derzeitige Bezahlmodell schädigt den Ruf der Elektromobilität. Etwa 80% aller Ladevorgänge für Elektroautos erfolgen z. Z. an privaten Wallboxen in Eigenheimen zum günstigen Haushaltsstromtarif. Über die Hälfte der Deutschen sind jedoch Mieter und verfügen über keine Garage bzw. Stellplatz und sind deshalb auf öffentliche Ladesäulen mit den beschriebenen gravierenden Nachteilen angewiesen.

Um diese sozialen Unterschiede zu vermeiden, werden in etwa preisgleiche Ladestationen für Laternen in Wohnstraßen sowie Ladeboxen für vermietete PKW-Stellplätze in Wohnsiedlungen mit personengebundenen kWh-Zählern empfohlen, damit die Mieter ebenfalls ihre E-Autos relativ komfortabel und preiswert zum Haushaltsstromtarif aufladen können. /8/

Großer Vorteil: Der Steuerzahler muss sich an den Kosten nicht beteiligen, d.h. hier ergibt sich sofort ein tragfähiges Geschäftsmodell. Wenn der Staat hier aber auch noch einen Zuschuss gewährt, ist die Finanzierung der Lade-Straßenleuchte bzw. Ladebox noch problemloser.

Weiterer Vorteil: Durch den reservierten Parkplatz ist es dem Besitzer des E-Autos möglich, im Winter sein Fahrzeug vorzuheizen bzw. im Sommer vorzukühlen, solange dieses mit der individuellen Ladestation verbunden ist, ohne die Fahrzeugbatterie im Stand zu entladen.

E-Auto-Händler und E-Auto-Hersteller sollten E-Auto-Interessenten bzw. E-Autokäufer über die Möglichkeit informieren, an einer Laterne in einer Wohnstraße mit Anwohner-Parkschein oder alternativ an einem gemieteten PKW-Stellplatz in einer Wohnsiedlung eine individuelle Ladestation zu installieren.

Vermieter sollten ihre Mieter über die Möglichkeit in Kenntnis setzen, dass eine persönliche Ladestation auf vermieteten Stellplätzen mit der Option Kauf oder Miete installiert werden kann.

LITERATUR

- 1 „Leuchte mit Elektroladestation für Elektroautos“ Deutsches Patent Nr. 10 2012 023 252.7, Anmelder: Selux AG, Anmeldetag: 29.11.2012
- 2 „Stromtankstelle“ Gebrauchsmuster DE 20 2010 005 543.1 Anmelder: Selux AG, Anmeldetag: 2.6.2010
- 3 „Außenleuchte mit Elektroladestation“ Gebrauchsmuster DE 20 2011 100 062.5 Anmelder: Selux AG, Anmeldetag: 30.4.2011
- 4 Marx, Peter: „Wirkungsgrad-Vergleich zwischen Fahrzeugen mit Verbrennungs- und mit Elektromotor“. Elektronik automotive, Sonderausgabe, Juli 2018, WEKA Fachmedien

- 5 Gehrlein, T.,Schultes, B: „Ladesäulen-Infrastruktur“ ISBN 9781521300077, 2017
- 6 Eickelmann, J: „Wachstumsmotor Elektromobilität“, Phoenix Contact GmbH, 2016
- 7 Hofer, Klaus: Elektromobilität. ISBN 978-3-8007-3596-9, 2017
- 8 Marx, Peter: „Einfache Ladebox (Ladestation) mit integriertem personengebundenen kWh-Zähler zum Laden von Elektrofahrzeugen im öffentlichen, halböffentlichen und privaten Raum für Elektroautos“ Deutsche Patentanmeldung vom 29.12.2018, Aktenzeichen 10 2918 010 160.7, Anmelder: Prof. Dr.-Ing. Peter Marx
- 9 Kompendium - E-Laden von Flotten, 12/2018, Version 1.0 Volkswagen AG
- 10 Praxishandbuch Ladesäulenstruktur, E-Mobil-Beratung, Königswinter, 2. Auflage 2017
- 11 Prospekt der Fa. Mennekes)
- 12 Firmenunterlagen der Selux AG, Berlin

NEUE MATERIALIEN FÜR LEISTUNGSELEKTRONIK IN FAHRZEUGEN UND INFRASTRUKTUREN

Dr. G. Bolenz, Dr. V. Dudek, Dr. M. Bornmann
3-5 Power Electronics

DIE UNTERSCHÄTZTE SCHLÜSSELTECHNOLOGIE

Die Rettung des Weltklimas wird in Deutschland unmittelbar mit der völligen Umstellung der Energieversorgung in Zusammenhang gebracht. Die Orientierung auf eine regenerative Energieerzeugung gepaart mit intelligenter Verteilung der Leistung über sog. Smart Grids soll die umweltschonende Erzeugung und Nutzung des elektrischen Stroms, als wichtigsten Energieträger, sichern. Den Schlüssel zum Erfolg sieht man interessanterweise in der umfänglichen Nutzung der Informationstechnik. Dieser theoretische Schwerpunkt der neuen Energiestrategie wird auch über die veröffentlichten Förderprogramme und -ziele abgebildet. Es gibt aber eine weitgehend unbeachtete Schnittstelle zwischen den Informationsströmen und den Energieströmen. Der intelligente Herd kann in der vernetzten High-tech Küche über das Smartphone die Botschaft empfangen, mit dem Programm xy das Mittagsmenü bis zu einem bestimmten Zeitpunkt gekocht zu haben. Um diese Aufgabe aber auch erfüllen zu können, braucht der Herd möglichst fein dosiert die Energie für die Kochplatten und den Backofen. Diese Energiezufuhr wird traditionell über mechanische Drehknöpfe oder Schalter realisiert. Derartige Bauelemente sind für den Einsatz in der vernetzten Küche allerdings unbrauchbar. Zu träge und nicht direkt über den Informationskanal ansteuerbar. Betrachtet man die Umstellung der Antriebsenergie von Straßenfahrzeugen, so wird das Zusammenwirken von Informationstechnik und Energieübertragung noch anschaulicher. Bei einem Verbrennungsmotor wird die Drehzahl des Motors über die Zufuhr von Kraftstoff geregelt. Der Fahrer kann durch das Betätigen des Gaspedals die Energieerzeugung im Motor gefühlvoll regeln. Um dieses Fahrgefühl mit einem elektrisch betriebenen Fahrzeug erreichen zu können,

werden Baugruppen der Leistungselektronik benötigt. Die Beispiele lassen sich bis hin zur Steuerung von Werkzeugmaschinen sowie ganzer Anlagen fortsetzen. Um die Bedeutung der Leistungselektronik objektiv würdigen zu können, hilft die Erkenntnis, dass jedes ins deutsche Netz eingespeiste Kilowatt elektrischer Leistung durchschnittlich mehr als einmal durch ein Leistungsbauelement gelenkt wird.

Das Problem der Kopplung der Informationskanäle mit den Trägern der elektrischen Energie konzentriert sich nicht allein auf den Endverbraucher. Schon am Beginn des Energieflusses treffen Informationstechnik, Anwendungsgebiete der „Niedrigvolt“-Elektronik und hohe Stromstärken, Anwendungsgebiete der Leistungselektronik, aufeinander. Die regenerative Erzeugung von elektrischer Energie, egal ob durch die Windkraftanlage oder die Solarzelle auf dem Dach, erfordert vor ihrer Einspeisung in die vorhandenen Stromnetze eine Anpassung der zu übertragenden Frequenzen und Spannungen. Das geschieht in Frequenzumrichtern, die auf engstem Raum eine Symbiose aus Informations- und Starkstromtechnik herstellen. Das Schalten der Leistung wird auf spezielle Halbleiterbauelemente übertragen. Sie lösen die mechanischen Schaltschütze und Relais in den Stromlaufplänen ab. Leistungsbaulemente sind bereits heute für die Lösung der vielfältigen Herausforderungen zur Verbesserung der Energieeffizienz absolut notwendige Schlüsselkomponenten. Allerdings werden sie als solche kaum wahrgenommen.

Die aktuellen Entwicklungen in den Bereichen dezentrale Energieerzeugung, intelligente Vernetzung der Erzeuger mit den Verbrauchern, die autonome Steuerung von Produktionssystemen und die umfassende Orientierung zukünftiger Mobilitätskonzepte auf die Elektrifizierung der Antriebe erzeugen gegenwärtig einen stark wach-

senden Bedarf an elektronischen Bauelementen, die in der Lage sind, Spannungen von 200V bis 1700V und hohe Stromdichten bis zu einigen hundert Ampere sicher und mit hoher Geschwindigkeit zu schalten. Für die dazu notwendigen Leistungshalbleiter werden Materialkombinationen gesucht, die beim Anlegen hoher Ströme oder einer hohen elektrischen Spannung nicht sofort verdampfen oder ihre physikalischen Eigenschaften völlig verändern.

Die gegenwärtig wichtigste Methode zur Herstellung von elektronischen Leistungsbau-elementen basiert auf der seit Jahren gut entwickelten Silizium-Technologie. Die bisher entwickelten Bauelemente können die von der modernen Leistungselektronik geforderten Parameter nur in komplexeren, und damit aufwendigen, Konfigurationen in Leistungsmodulen erfüllen. Kompakte und kostengünstige Bauelemente zur Schaltung höherer Leistungen in vernetzten Produkten mit möglichst hoher Energieeffizienz stehen noch nicht einsatzbereit zur Verfügung. Dass sich die Leistungselektronik zu einem lukrativen Markt entwickeln wird, zeigen die Untersuchungen des Marktforschungsinstituts IHS. Die Analysten prognostizieren ein globales Umsatzvolumen der Leistungselektronik für das Jahr 2024 von ca. 27 Milliarden US \$.

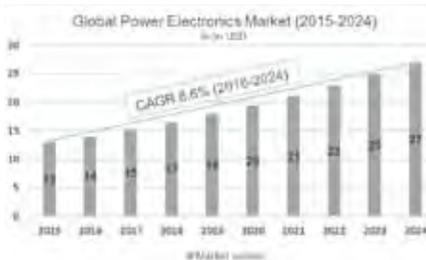


Abb.1: Prognose des Leistungselektronik Weltmarktes bis 2024

Die wichtigsten Wachstumsmomente für innovative Technologien der Leistungselektronik sind:

- Die Nachfrage nach effizienterer Wandlung elektrischer Leistung zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes.
- Die Forderung nach deutlich effizienterer Nutzung elektrischer Energie, insbesondere im industriellen Sektor. Immerhin werden ca. 70% der von der Industrie eingesetzten elektrischen Energie für den Betrieb von Elektromotoren verwendet.
- Der Trend zur Elektromobilität mit der resultierenden Forderung nach kompakteren Systemen der Leistungselektronik mit deutlich reduziertem Gewicht.
- Der Trend zu erneuerbaren Energiequellen. Es werden kostengünstige Inverter mit immer höheren Leistungen bzw. niedriger Leistungsverluste benötigt.

Für die Realisierung größerer Leistungsdichten stößt Silizium als Trägermaterial an physikalische Grenzen. Die Entwicklung der Wide-Band-Gap-Materialien (WBG) Siliziumcarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN) sollen die Verbesserung der Energieeffizienz der Halbleiterbauelemente bewirken. Die entstandenen Applikationen ergänzen die Palette der Leistungshalbleiter auf der Basis von Silizium in den schaltbaren Spannungsbereichen um die 600V. Für diese WBG-Materialien wird bis im Jahre 2025 ein sehr hohes Wachstum prognostiziert. Das Marktvolumen 2016 in Höhe von rd. 300 Mio. USD soll sich nach den Prognosen verschiedener Marktforschungsinstitute in zehn Jahren mehr als verzehnfachen.

Es gibt mit dem Halbleiterwerkstoff Galliumarsenid (GaAs) noch ein weiteres WBG Material. Dieses Trägermaterial ist seit Langem bei elektronischen Bauelementen im Niedrig-Volt-Bereich im Einsatz. Beispiele sind Anwendungen in der Optoelektronik (Laser, Leuchtdioden, Sensoren) und in der Telekom-

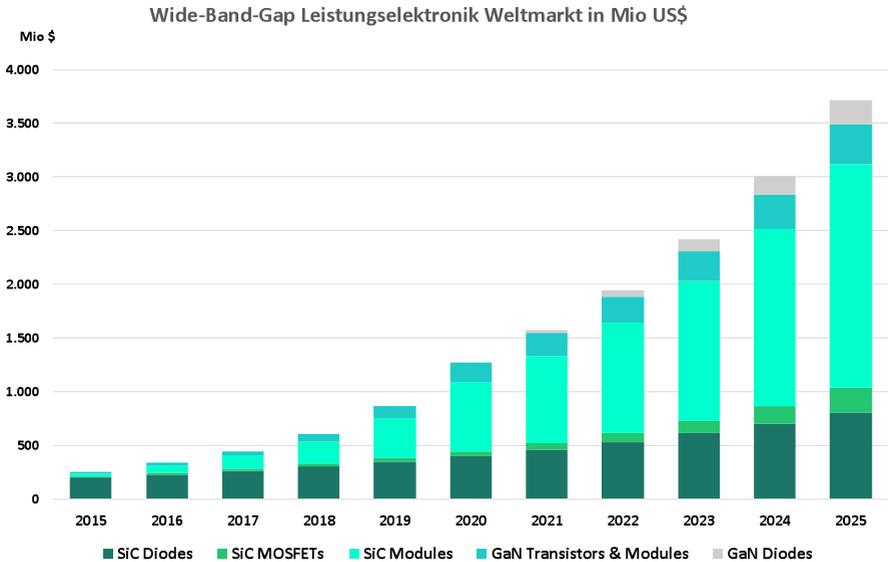


Abb.2: Prognose des Wide-Band Gap (WBG) Weltmarktes bis 2025

munikation (Hochfrequenzverstärker, Antennenschalter, Hochfrequenzfilter). Derartige Funktionen bilden beispielsweise das Herzstück jedes Smartphones. Dementsprechend sind die grundsätzlichen Basistechnologien der Verarbeitung von GaAs vorhanden. Die einschlägigen Verarbeitungsprozesse für die bisher erschlossenen Einsatzfelder sind technologisch beherrschbar.

Die Möglichkeit der Anwendungen des GaAs in der Leistungselektronik fand bisher nur wenig Beachtung. Dabei besitzt das Materialsystem ein für die Leistungselektronik sehr interessantes Eigenschaftsprofil. Wichtige Indikatoren für die Auswahl der Trägermaterialien sind die schaltbare Leistung und die erreichbare Schaltfrequenz. Der Zusammenhang zwischen Leistung in Watt (VA) und Schaltfrequenz in Hz lässt sich wie folgt darstellen (Abb.3).

Aufgrund dieser Einordnung rückt GaAs in den Fokus der Entwicklungsteams auf der Suche nach neuen, effizienten Bauelementen der Leistungselektronik. Vergleicht man die erzielbaren Parameter der hochentwickelten Siliziumtechnologie mit den Eigenschaften der benannten WBG Materialien, zeichnen sich in mehreren Bewertungskriterien deutliche Vorteile für den Einsatz von GaAs als Leistungshalbleiter ab.

INNOVATIONSPOTENTIAL VON GAAS-LEISTUNGSHALBLEITERN

Analysiert man die Anforderungen, die durch die neuartigen Anwendungsfelder an die moderne Leistungselektronik gestellt werden, so sind Bauelemente auf der Basis der GaAs-Technologie geeignet, um zur allgemeinen Erhöhung der Energieeffizienz beizutragen. Derartige Hochleistungshalbleiter bieten die Chance, einen Innovationssprung in der Leistungselektronik zu

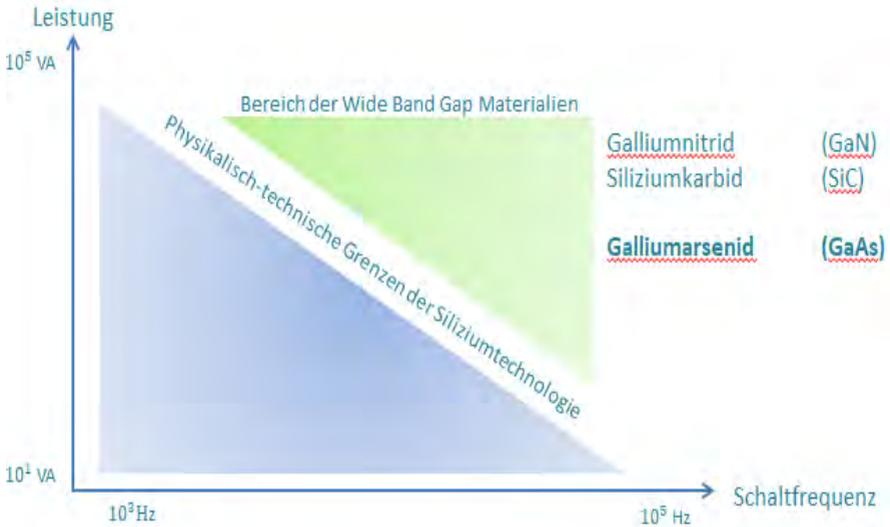


Abb. 3: Physikalisch-technische Grenzen der Siliziumtechnologie

erreichen. Damit könnte der Durchbruch zu intelligenter Energieerzeugung, zu emissionsfreier Mobilität sowie zu automatisierten und vernetzten Produktionsprozessen möglich werden.

Die Entwicklung von Leistungshalbleitern auf der Basis des Trägermaterials GaAs ist das Geschäftsfeld der 3-5 Power Electronics GmbH (3-5PE). Dieses neu gegründete Unternehmen, bestehend aus erfahrenen Spezialisten der Halbleiterbranche, hat sich in Dresden angesiedelt. Dresden als europäisches Zentrum der Mikroelektronik, Freiberg mit dem weltweit führenden Hersteller von GaAs-Wafern sowie weitere Forschungsinstitute in Sachsen bieten exzellente Voraussetzungen für den Aufbau eines innovativen Technologieunternehmens. Das strategische Kern-Know-how des Unternehmens bildet der reproduzierbare Prozess zur Erzeugung und Strukturierung dicker GaAs-Schichten auf Standardwafern.

Das Entwicklungsteam der 3-5PE nutzt dazu zwei unterschiedliche Beschichtungsverfahren. Am Standort des Unternehmens wurde eine speziell für die GaAs Technologie modifizierte Beschichtungsanlage zur Realisierung der Liquid-Phase-Epitaxy (LPE-Verfahren) installiert. Das Unternehmen 3-5PE ist fokussiert auf die Entwicklung, Herstellung und den Vertrieb von GaAs-Leistungshalbleitern, wobei die Standardprozesse der Herstellung an einen Kooperationspartner fremdvergeben werden. Mit diesem Kooperationspartner wurde noch ein weiteres sog. CVD-Verfahren zur Herstellung von Leistungshalbleitern gemeinsam entwickelt. Damit stehen für die geplante Produktion von GaAs Leistungshalbleitern zwei unabhängig voneinander funktionierende Fertigungskapazitäten zur Verfügung.

Die Verfahren zur Herstellung und Konditionierung von Leistungsbau-elementen auf der Basis dicker GaAs-Schichten ist völlig

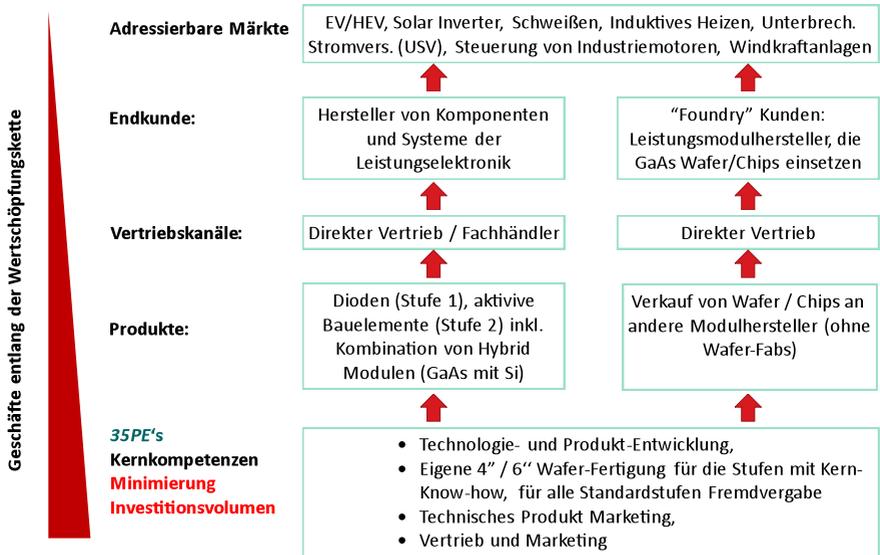


Abb. 4: Geschäftsmodell der 3-5 Power Electronics GmbH

neu und damit auch in vielen Details patentierfähig. Aufgrund der prognostizierten Eigenschaften der neuen Bauelemente und der damit verbundenen Bedeutung für die strategische Energieversorgung und die Beeinflussung der Mobilitätskonzepte wurden Verfahrensparameter, Strukturen und Produktmodifikationen weltweit patentrechtlich geschützt.

Neben diesen zentralen Produkt- und Verfahrensinnovationen hat die GaAs-Technologie direkte Auswirkungen auf die fertigungsgerechte Gestaltung der begleitenden Prozesse. Die Anlagentechnik für das LPE-Verfahren wurde nach den konstruktiven Vorgaben der Entwickler der 3-5PE als Pilotanlage aufgebaut. Eine spezielle Mess- und Prüftechnik für GaAs-Bauelemente wird an der TU Chemnitz entwickelt. Testreihen der Leistungsparameter der Bauelemente werden bei namhaften Modulherstellern durchgeführt und ausgewertet.

Die Beteiligung unterschiedlicher Unternehmen und Institutionen an der Entwicklung, der Produktion und dem weltweiten Vertrieb der Leistungsbauelemente erfordert auch Innovationen im Unternehmenskonzept der 3-5PE. Das Geschäftsmodell basiert auf dem Fab-Lite Prinzip. Die patentierten Kernprozesse werden dabei im Unternehmen durchgeführt und alle weiteren Standardprozesse an Unternehmen der Halbleiterindustrie übertragen. Der Vertrieb der entstehenden Produkte, Chips, diskreten Bauteilen und Modulen in Standardgehäusen erfolgt grundsätzlich über die von 3-5PE gebundenen Distributoren. Das von 3-5PE angewandte Geschäftsmodell lässt sich entlang der Wertschöpfungskette wie folgt beschreiben:

MÄRKTE UND APPLIKATIONEN VON GAAS LEISTUNGSHALBLEITERN

Die Einsatzfelder der neu entwickelten GaAs Hochleistungsdiode sind für den Mittelspan-

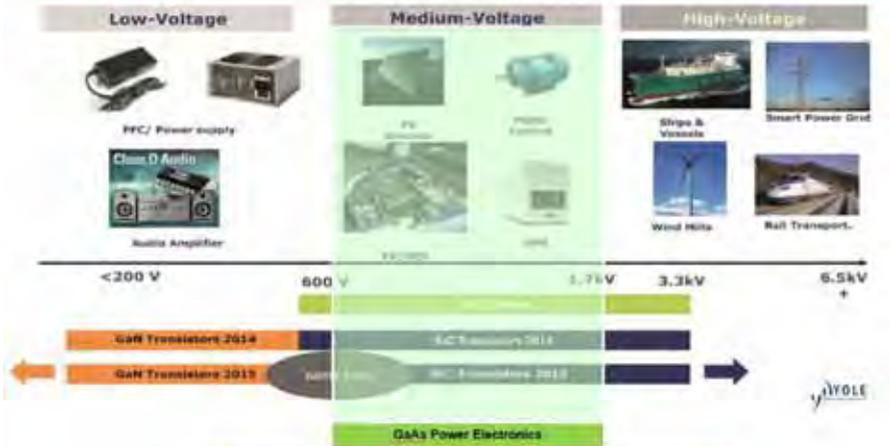


Abb.5: GaAs als neues Medium im mittleren Leistungsbereich

nungsbereich vorgesehen. Diesem Bereich sind auch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Straßenfahrzeugen und Schaltungsaufgaben bei der Erzeugung und Verteilung regenerativer Energien zuzuordnen.

Die zurzeit am Markt angebotenen wichtigsten Leistungshalbleiter umfassen Dioden, Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFET's), IGBT mit Spannungen größer/gleich 600V und Stromstärken ab einem Ampere. Eine Systematisierung dieser Produkte kann durch eine Segmentierung nach den Hauptspannungsklassen 600/650V und 1200V sowie nach Stromstärken in Ampere erreicht werden. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Einzelbauelemente Dioden, MOSFET's und IGBT's herzustellen, werden deren Preise als durchschnittliche Verkaufspreise bzw. als Average Selling Price (ASP) pro Kilowatt (kW) angegeben.

Die von 3-5PE angebotenen Leistungsdioden werden mit einem neu entwickelten, kostengünstigen Verfahren hergestellt. Das verwendete Grundmaterial GaAs ist im Vergleich zu den anderen WBG Materialien

erheblich billiger. Dadurch sind die Herstellungskosten für GaAs-Dioden deutlich geringer. Aufgrund der erwarteten Preisvorteile und der höheren Effizienz der GaAs-Dioden gegenüber Si-Dioden wird die Akzeptanz der bisher in der Leistungselektronik noch nicht eingesetzte GaAs Technologie steigen. Um eine möglichst schnelle Markteinführung realisieren zu können, wurden in den letzten drei Jahren durch 3-5PE bereits ausgewählte Leitkunden im In- und Ausland über die Technologie informiert und erste Laborversuche durchgeführt.

Parallel dazu wurden die Entwicklungsstufen der von 3-5PE erreichten GaAs-Technologie in Zusammenarbeit mit führenden Instituten, wie z. B. mit dem Lehrstuhl für Leistungselektronik und elektromagnetische Verträglichkeit der TU Chemnitz, validiert und verifiziert. Für bestimmte Teilaufgaben wurden spezialisierte Einrichtungen wie das Institut für Ionenbestrahlung und Materialforschung am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf oder das Institut für Angewandte Physik der TU Bergakademie in Freiberg eingebunden.

Ein wichtiger Schritt zur internationalen Publikation der GaAs Leistungselektronik ist das 2018 erfolgreich durchgeführte BMBF - Innovationsforum „GaAs-Leistungselektronik“. Ziel dieses Forums ist der nachhaltige Aufbau eines Kompetenznetzwerkes GaAs-Leistungselektronik. Mit diesem Netzwerk sollen die Kapazitäten entlang der Herstellungskette von GaAs-Hochleistungshalbleitern erfasst und betreut werden. Gleichzeitig werden die potenziellen Anwender über die erreichten technischen Parameter und nachnutzbare Anwendungsfälle informiert. Mit dem Innovationsforum ist ein wichtiger Baustein für die Verbreitung der neuen Technologie in der Leistungselektronik in einem sehr stark wachsenden Markt gelegt worden. Erste Folgeprojekte sind bereits in Planung.

ÜBER DIE AUTOREN

3-5 Power Electronics (35PE) möchte den Bereich der Leistungselektronik mit einer innovativen Galliumarsenid-Halbleitertechnologie erweitern und die Energieeffizienz steigern. Zur Fertigung von Leistungshalbleitern für hohe Spannungen / Stromstärken entwickelte das Unternehmen als erstes einen neuartigen Prozess zur Aufbringung dicker GaAs-Schichten auf GaAs-Substrate. Durch das neue Verfahren sollen die Gesamtkosten zur Fertigung effizienter Leistungsgeräte deutlich verringert werden. 35PE wurde Ende 2015 gegründet; das Führungsteam des Unternehmens besteht aus Experten mit langjähriger internationaler Halbleitererfahrung in der Technologieentwicklung sowie im Aufbau und Führung von Halbleiterunternehmen und wird von prominenten Investoren unterstützt. Der Sitz des Unternehmens befindet sich in Dresden, Deutschland.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- 1 J. Kowalsky, GaAs pin Diodes as Possible Free-wheeling Diodes, PCIM Europe, 14 - 16 May 2013, Nuremberg. - Berlin, Offenbach: VDE Verlag GmbH Berlin/Offenbach, 2013, S. 975 - 981
- 2 V.Dudek, GaAs pin Diode Devices and Technology for High Power applications at 600V and above, CS MANTECH, Denver CO(USA), p. 397-400, 2014
- 3 T.Blank, Properties of a GaAs Power Rectifier Diode Module for Ultra-Fast Electric Vehicle Battery Charging System, PCIM Europe 2019, to be published

ARBEITEN IN UND LERNEN FÜR SYSTEMTRANSFORMATIONEN

Christine Schmidt
Institut für Betriebliche Bildungsforschung Berlin

Dieser Artikel beschäftigt sich mit dem für die vernetzte Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende nötigen Systemwissen und den dazugehörigen, für die Anwendung, Nutzung notwendigen Systemkompetenzen. Er widmet sich den Fragen, warum das Anthropozän dieses Systemwissen erfordert, welche Ziele damit erreicht werden sollen und welche Aspekte dazugehören. Außerdem beschreibt der Beitrag, wie Systemkompetenzen aufbaubar sind und gibt einen Ausblick darauf, wie diese in die berufliche Bildung zu integrieren sind.

ANTHROPOZÄN, ENTWICKLUNGSZIELE, SYSTEMWISSEN DAS ANTHROPOZÄN - EINE WENDEZEIT.

Anthropozän, das Menschenzeitalter bezeichnet eine neue Epoche unserer Gesellschaft im Aufbruch. Uns zeigen sich heute sowohl vielfältige Erfolge gewollter, menschengemachter Veränderungen, als auch zuvor nicht bedachte Konsequenzen sowie die daraus resultierenden Notwendigkeiten und Möglichkeiten, mit ihnen umzugehen. Die inzwischen anstehenden Veränderungen sind vom Menschen her zu definieren und zu gestalten, weil sie kein Selbstzweck sind. Die hier besprochene vernetzte Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende ist Ausdruck und Teil der Transformationen, die Menschen weit über das bloße Anwenden neuer Technologien hinaus bewusst neu ausrichten und gestalten.

Diese als Wende bezeichneten Veränderungen und die damit verbundenen Aufgaben betreffen alle Bereiche, Berufe und Bildungszweige. Sie schaffen Übergänge in neue Arbeits-, Lebens- und Wirtschaftsweisen. Dazu werden Begeisterungs- und Lernfähigkeiten gebraucht, die sich an Leitbildern orientieren.

Die Art des Wachsens wandelt sich dabei ebenfalls. Da quantitativem Wachstum physikalisch-planetare Grenzen gesetzt sind, geht es um eine neue Art des Arbeitens, Denkens und Lernens, die auf qualitativem Wachsen ausgerichtet ist. Die Bildungs- und Erziehungswissenschaften haben in den vergangenen 20 Jahren dazu Kompetenzanforderungen formuliert, Lernformate und Umsetzungsprojekte entwickelt. Heute werden die gewonnenen Erfahrungen in Bildungsstrukturen integriert!

ANSTRENGUNGEN, ERFOLGE UND FOLGEN

Enorme Anstrengungen vorangegangener Generationen und der heute Tätigen geben der Mehrheit der Menschen ein Leben in Frieden und gute Arbeits- und Lebensbedingungen. Sehr positiv wirken auch größere Freiheitsgrade und längere Lebenserwartungen. Sie bieten mehr Möglichkeiten zum Lernen und Mitgestalten von Gegenwart und Zukunft.

Gleichzeitig nehmen ungewollte Technikfolgen ebenso zu, bedrohen und beeinträchtigen global die Lebensqualität und sind nur als Gemeinschaftsleistung zu meistern. Dieses Erkenntnis wurde im Bericht „Our Common Future“ 1987 formuliert und 1992 in Rio mit einer Handlungsagenda für das 21. Jahrhundert versehen. Einige der gemeinsamen Pflichtleistungen gehen zeitlich weit darüber hinaus, sind Ewigkeitsaufgaben. Die Lagerung von Atommüll beispielsweise wird allen uns nachfolgenden Generationen auferlegt. Zur Illustration: Die Zahl an Altlasten-Verdachtsflächen ist in Deutschland fünffach höher als die von Kindertageseinrichtungen. Bis 2017 wurden 34.329 Altlasten-Verdachtsflächen saniert. Zwischen diesen Zahlen gibt es keinen Zusammenhang. Da Verursacher bisher ihrer Pflicht zur Sanierung nicht nachkommen bedeutet das kommende Generationen in diese Pflichten eintreten müssen - zusätzlich zu denen, die täglich neu entstehen.

Die Unmengen an aus der Vergangenheit stammenden Aufgaben, gemeinsam mit den unendlich lange zu bearbeitenden, erfordern mit Blick auf das Allgemeinwohl - auch kommender Generationen - sorgfältig abzuwägen, welche Technologien und Techniken zur Erfüllung welcher Bedürfnisse heute genutzt werden. Eine Neuausrichtung und Umgestaltung der Wirtschaft ist so gesehen eine Frage der Existenzsicherung und Daseinsvorsorge, über deren Erfolg die kommende Dekade entscheidet.

Andere Aufgaben erlauben kein weiteres Zögern, müssen menschliche Existenzgrundlagen schützen, die akut und auch umfassend bedroht sind. Einige der Bedrohungslagen wie bspw. Artensterben und Klimawandel sind weltweit sorgfältig erforscht. Auf dieser Grundlage werden Gegenmaßnahmen verabredet und in berufliche Kompetenzen übersetzt.

Was lehren die Erfahrungen im Themenkomplex des Klimawandels? Dieser wird seit ca. 80 Jahren erforscht und beschrieben. Vor 40 Jahren fand die erste Welt-Klimakonferenz statt und warnte nicht nur vor den Folgen des Treibhauseffektes, sondern setzte Entwicklungen zum Gegensteuern in Gang. Folgerichtig wurde vor 30 Jahren das IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change ins Leben gerufen, um weltweit die Forschungsarbeiten zum Thema koordiniert zusammenzuführen und Erkenntnisse zu berichten.

1997 wurde mit dem Kyoto-Protokoll eine internationale Handlungsgrundlage verbredet, um dem menschengemachten Klimawandel zu begegnen. Nach weiteren Konferenzen und letztlich Paris 2015 gilt: Zu Wirtschafts- und Wohlstandswachstum gehört auch Verantwortung für deren Folgen. Bestenfalls wirken sich Entscheidungs- und Handlungsänderungen bis 2030 wahrscheinlich jedoch erst 2050 stabilisierend auf den menschengemachten Klimawandel aus. Dann sind von

der Erkenntnis bis zur erfolgreichen Umsetzung etwa 100 Jahre vergangen.

Jedoch sind nicht nur die Folgen des Klimawandels bedeutsam. Dasselbe gilt für Entwicklungen wie Artensterben, demografischer Wandel, zunehmende Mobilität und Urbanisierung. Zugleich zu diesen wachsenden Herausforderungen ermöglichen und fördern neue Einsichten, Erkenntnisse und Methoden die interdisziplinäre, weltweite Zusammenarbeit von Menschen und Organisationen.

ENTWICKLUNGSZIELE

Die weltweiten Kooperationen berechtigen zu Hoffnungen auf die Umsetzung der von den Regierungen aller Länder 2015 in Paris verabredeten gemeinsamen Entwicklungsziele. Der Zeithorizont zur Zielerreichung bis 2030 ist ehrgeizig, denn die Ziele sind enorm:

- Ziel 1 Keine Armut
- Ziel 2 Kein Hunger
- Ziel 3 Gesundheit und Wohlergehen
- Ziel 4 Hochwertige Bildung
- Ziel 5 Geschlechtergleichstellung
- Ziel 6 Sauberes Wasser und Sanitärversorgung
- Ziel 7 Bezahlbare und saubere Energie
- Ziel 8 Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum
- Ziel 9 Industrie, Innovationen und Infrastruktur
- Ziel 10 Weniger Ungleichheiten
- Ziel 11 Nachhaltige Städte und Gemeinden
- Ziel 12 Verantwortungsvolle Konsum- und Produktionsmuster
- Ziel 13 Maßnahmen zum Klimaschutz
- Ziel 14 Leben unter Wasser
- Ziel 15 Leben an Land
- Ziel 16 Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen
- Ziel 17 Partnerschaften zur Erreichung der Ziele

Sie sind verbindlich und bieten eine konsistente Orientierung für die Zukunft.²

Daran müssen sich Entwicklungen und Inhalte von akademischer und beruflicher Bildung ausrichten. Lernen heißt in diesem Sinne auch Chancen zu wahren, den immensen Herausforderungen begegnen zu können. Bildung und Wirtschaft haben darin sowohl getrennte, als auch gemeinsame Ziele. So müssen Lernformate, -inhalte und -prozesse in der Bildungskette dem steigenden Anforderungs-, Komplexitäts- und Spezialisierungsgrad nicht nur folgen. Vielmehr ist der Aufbau von System-, Ziel- und Transformationswissen als Handlungsgrundlage der Beschäftigten perspektivisch auszurichten. Von folgenden Definitionen wird dabei ausgegangen:

„Systemwissen: Wissen über die komplexen Zusammenhänge lebensweltlicher Probleme auf sozialer, ökologischer und ökonomischer Ebene und zwischen den Dimensionen (Wissen darüber, was ist).

Zielwissen/Wissen über Bewertung: Wissen darüber, wie sich Normen begründen lassen und wie sich die Optionen der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit verknüpfen lassen in Form von tragfähigen Naturzuständen, zukunftsfähigen Lebensstilen usw. (Wissen darüber was sein und was nicht sein soll).

Transformationswissen: Wissen darüber, wie sich die Ziele erreichen lassen, also wie der Übergang vom Ist- zum Soll-Zustand zu gestalten und umzusetzen ist (Wissen darüber, wie wir vom Ist- zum Soll-Zustand gelangen)“.³

VON GLOBALEN ZIELEN ZU SYSTEMWISSEN, ZUM SYSTEMVERSTÄNDNIS UND HANDELN VORRAUSSETZUNGEN

Wissen und Verständnis darüber, wie u.a. Versorgungssysteme (Energie, Wärme, Wasser...) anzupassen sind, um zu den Sustainable Development Goals SDG`s (beizutragen, muss aktuell aufgebaut werden. Dazu gehört auch die Klärung, welche Beiträge wo, wie und in wessen Verantwortung geleistet werden können. Das erfordert nicht nur Kenntnis der SDG`s und EU-Ziele⁴, sondern auch geeignete Rechtsnormen auf nationaler und nicht zuletzt auf regionaler Ebene. Auch wenn hierzu landeseigene Strategien indikatorenbasiert erarbeitet wurden, werden sie noch nicht konsequent umgesetzt, sind noch nicht alle Akteure eingebunden.

Zur Adressierung und Orientierung können Leitbilder beitragen. Doch die der Planetaren



Abb. 1: UN- Sustainable Development Goals

Leitplanken, des Ökologischen Fußabdrucks oder Rucksacks usw. helfen hierbei wenig. Sie nutzen Quantitative, um das Erreichen so genannter Kippunkte im Erdsystem oder den Aufwand für einzelne Produkte zu verdeutlichen. Doch die so erzeugten und erzeugbaren Bilder sind wenig wirksam, da sie über Mengenangaben hinaus nicht handlungsleitend wirken. Probleme quantifiziert darzustellen, setzt noch keinen Lernprozess in Gang. Handlungsleitende Bilder sind die der SDG`s oder auch die durch Bundeskanzlerin Merkel benannte Enkeltauglichkeit⁵ und zu operationalisieren.

DER BEITRAG VON DIGITALKOMPETENZEN

Digitalisierung kann unter noch zu klärenden Rahmenbedingungen zu den SDG`s beitragen. Wer Digitalisierung in den Dienst globaler Nachhaltigkeit stellen will, braucht Kompetenzen, um abwägen zu können, wofür Digitalisierung zusätzlichen Nutzen stiftet, der so wichtig ist, dass der für die Umsetzung notwendige Aufwand gerechtfertigt ist. Wer Systemwende mit Wirkung auf die Allgemeinheit betreibt, entwickelt und umsetzt, wichtige Funktionen digitalisiert, muss den gesellschaftlichen Diskurs dazu ermöglichen, Kompetenzen aufbauen, um Ziele gemeinsam festzulegen und kollektives Verständnis zu etablieren.⁶

Dazu gehören digitale Kompetenzen im eigenen Fachgebiet und für die Zusammenarbeit mit Anderen und das Zusammenwirken mit (teil-)automatisierten Maschinen. Das sind Kompetenzen des digital-beruflichen Kommunizierens, Lernens und Organisierens. Kompetenzen zu digitalen IKT-Systemelementen, deren Aufbau, Funktionsweise und Rollenverteilung, die Ansprache der Teilsysteme und ihre Steuerung müssen menschliche Kontrolle über technische Systeme gewähren.

Digitalisierung beruflicher Bildung beschreibt erforderliche Veränderungen in der beruflichen Aus- und Weiterbildung, für eine zuneh-

mend digitalisierte Wirtschaft 4.0 mit neuen Kompetenz- und Arbeitsanforderungen. Dabei bilden IT- und Medienkompetenzen notwendige Schlüsselkompetenzen sowohl für Auszubildende, als auch für Bildungspersonal und Beschäftigte. Digitalisierung beruflicher Bildung umfasst fachliche, didaktisch-methodische, technisch-technologische und organisationale Anforderungen, die durch neue Qualifikationsprofile und kollaborative Arbeitsformen entstehen.

Im Fokus sind Kompetenzen und Fähigkeiten in komplexen, datenbasierten Systemumwelten zur Erstellung von Produkten und Dienstleistungen. Mit Digitalisierung beruflicher Bildung werden in der beruflichen Erstausbildung traditionelle Lehr- und Lernformate mit neuen, digitalen Lerntechnologien, Lernmethoden und Lerninhalten ergänzt. In der beruflichen Weiterbildung wird kontinuierliches, berufsbegleitendes Lernen und der Informationsaustausch unter Beschäftigten und Expert*innen ermöglicht. Digitale Lernangebote und -formate besitzen dafür eine wachsende Bedeutung.⁷

Beinahe alle beruflich Beschäftigte bedürfen digitaler Kompetenzen mindestens in Bereichen, wie sie im Europäischen Qualifikationsrahmen EQR beschrieben sind:

- Datenverarbeitung
- Kommunikation
- Konzipieren und Erstellen von Inhalten
- Problemlösung
- Sicherheit

Diese Kompetenzbereiche schließen physische IKT zwar ein, ohne jedoch explizit benannt zu werden. Dies spiegelt sich auch in der weitreichenden Ausblendung der Hardwarethemen aus der Bildung. Um Abhängigkeiten von zur Verfügung stehender Hardware und den Lizenzbedingungen für ihre Nutzung umzukehren, stehen Veränderungen in einem Umfang an, die über die gesamte Bildungskette reichen und die Zusammenarbeit mit Forschungs- und Wirtschaftsakteuren erfordern.

Das beruflich-digitale Arbeiten, Lernen und Kommunizieren ist vom Privaten deutlich zu trennen. Beruflich sind für jede Tätigkeit und jeden Arbeitsplatz Festlegungen zu den digitalen Kompetenzen, Level und Rollen erforderlich. Aufwand und Investitionen in digitale Geräte, Nutzungslizenzen und Kompetenzaufbau müssen in Zusammenhang mit dem erwarteten Zusatznutzen der Digitalisierung in einzelnen Bereichen stehen, die Entscheidungen nachvollziehbar und Systeme wenig angreifbar sein.

WEITBLICK ENTWICKELN

Wie an bisherigen Entwicklungen und ihren Folgen ablesbar, spielen für Operationalisierungen zeitliche Dimensionen eine entscheidende Rolle. Die Zeitspannen müssen verstanden sein, für die gedacht und geplant, in denen gehandelt werden muss. Aspekte von Endlichkeit und Unendlichkeit gehören ebenso dazu wie Einflussfaktoren und Verläufe von Kreisläufen im Erdsystem sowie Dimensionen und Dynamik der Folgen menschlicher Einflussnahmen.

Den Zielfestlegungen und Leitbildern müssen also Prozesse folgen, in denen Menschen mit Kompetenzen zu zeitlichen Dimensionen agieren, diese berücksichtigen und in Umsetzungsregeln festlegen. Wobei auch Einigkeit darüber bestehen muss, dass bspw. Klimaschutz derzeit unerlässlich aber nicht das eigentliche Ziel, sondern nur als Notfallplan dient, um die Folgen bisher eingesetzter Technologien zu mildern.

Dabei ist dieser Notfallplan nicht einfach aus zeitlichen Gründen nötig. Die Gründe für das rasche Umsteuern sind so zahlreich und beschäftigen viele Forschungsdisziplinen, dass beispielhaft nur die heraus gegriffen werden, die weniger häufig genannt werden.

Kohlenstoff-Rohstoffe zu verbrennen ist möglich aber überwiegend schädlich und wertvernichtend, nicht etwa wertschöpfend, ebenso wie alle anderen einmaligen Nutzungen end-

licher Rohstoffe. Das wird jedoch nur sichtbar, wenn die Zeitspanne größer aufgezogen wird und wenn Rohstoffbedarfe der Erfüllung menschlicher Bedürfnisse zugerechnet werden, anstelle einzelner Einweg-Produkte. Der gegenwärtige Biomasse-Einsatz zur Energiegewinnung ist ein Negativ-Beispiel dafür, dass solche Fähigkeiten fehlen, scheinbar unabhängige Themen und konkurrierende Ziele zusammenzudenken und ihre Erreichung zu steuern. Denn der Erhalt von Bodenfruchtbarkeit und Phosphor in der Nahrungskette (kein Leben ohne Phosphor) ist mindestens ebenso dringlich, existenziell und komplex wie bspw. Klimaschutz. Der zeitliche Versatz von positiven Effekten des möglichen Umsteuerns menschlichen Handelns aber ist unterschiedlich.

Durch Anstrengungen und Erfolge der zuvor und heute Tätigen, sind Möglichkeiten für Forschung, Entwicklung und Lernen geschaffen, die dem Aufbau mehrdimensionaler Kompetenzen dienen müssen. Damit gilt es während der SDG`s-Zeit darüber hinaus zu denken, designen und entwickeln, für eine Zeit, wie wir sie erleben wollen. Deshalb werden heute nicht nur neue Definitionen, Rahmen und Regeln für Teilsysteme (Chemie, Energie, Ernährung, Gesundheit, Industrie, Kommunikation, Landwirtschaft, Mobilität, Rohstoffe, Tourismus, Wärme), sondern eine gesamte Systemwende diskutiert sondern auch von unterschiedlichen Organisationen zusammengebracht.⁸

ENTWICKLUNGSKOMPETENZEN

Zeitgleich zur Nachhaltigen Entwicklung finden Transformationen statt, die zeigen, welche und wie neue Ansätze erlernt und zu Ergebnissen führen können. Mit dem Cradle-to-Cradle-Design-Konzept* haben Fachleute mehrerer Bereiche (Druck, Gebäude, Hygiene, Kosmetik, Textilien, ...) Lösungen und Produkte entwickelt, die mehr als nur nachhaltig

* C2C= Fokus auf konkrete Bedürfniserfüllung führt zu Auswahl von Materialien als Nährstoffe in Kreisläufen

sind. Auf der Basis in Kreisläufen durchdachten Designs und fachlicher Exzellenz werden Produkte und Dienstleistungen entwickelt, die ökologische Standards erfüllen, um unser Hiersein in langen Zeitspannen lebenswert schön zu gestalten.⁹

Dabei versteht sich, dass nur ökonomisch-vorteilhafte Lösungen von Unternehmen erstrebt werden. Dazu werden auch konsequente Umsetzungen bereits bestehender Rechtsprinzipien und -regeln führen. Sobald die bestehende Produktverantwortung fiskalisch oder juristisch angewendet wird, sind bisherige Geschäftsmodelle obsolet, denn sie wirkt umfassend und zeitlich unbegrenzt. Würden alle Folgen, auch die sich an die Nutzung anschließenden, in die Produktpreise einbezogen, wären die meisten Produkte und Dienstleistungen (z. B. Luftverkehr) schlagartig Luxusgüter und unerschwinglich. Diese Kosten werden heute sowohl in die Allgemeinheit (Subventionen, Gesundheitssysteme), Zukunft (Altlasten), als auch in andere Länder verlagert.

Die Zurechnung der Auswirkungen zu Produkten ist im Gange. Es ist nicht nur eine Frage der Zeit, dass Betriebswirtschaftler und Ingenieure innovativ-vorausschauende Produkte als sinnvoll und Existenzgrundlage ihres Unternehmens begreifen. Vorbilder dafür existieren in Unternehmen, Kollaborationen und Netzwerken. Es ist eine Frage der zukunftssichernden Ausbildung von Betriebswirtschaftlern. Einige deutsche Hochschulen gehen hierbei voran. In der Breite fehlen diese Kompetenzen jedoch noch.

FACHKOMPETENZEN

Alle Transformationen bestehender Systeme insbesondere infrastrukturelle Neuausrichtungen haben große Auswirkungen, sind aufwendig, langfristig wirksam und schaffen neue Pfadabhängigkeiten, umso mehr, da sie künftig auch vernetzt funktionieren sollen. Dies bedenkend, müssen Systeme von ihren

gewünschten Effekten her in Kenntnis aller Effekte, intra-, inter- und transdisziplinär, gemeinsam zukunftsfähig gedacht, geplant und realisiert werden. Gemeinsam mit oben genannten Kompetenzen werden ausdifferenzierte fachliche und auch digitale Kompetenzen dafür eingesetzt, um Wirkungen zu ermitteln, Effekte auf das Gesamtsystem einordnen zu können und Alternativen in Varianten zu modellieren und zu kalkulieren.

So bestimmen Forschende derzeit den nötigen Ausbau an erneuerbaren Energien, den Energie- und Ladenetz-Ausbau sowie dafür erforderliche Speicher (vgl. Schwarz, H. und Kowal, J.) für ein klimaneutrales Deutschland. Zusätzlich ist auch der materielle Aufwand für Aufbau und Betrieb der Energie-, Mobilitäts-, Wärme- und digitalen Infrastrukturen abzubilden. Finanziell ist darzustellen, welche und wie viel Rohstoffe die Systemelemente relativ zur Systemleistung kosten. Der Stand der Diskussion des Rohstoffaufwands (vgl. Reckordt, M.) und Auswirkungen des Rohstoffabbaus (vgl. Sühlmann-Faul, F.) sind bislang kaum verbreitet und können noch nicht als existente Fachkompetenzen vorausgesetzt, müssen vielmehr initial aufgebaut werden.

Im vorliegenden Kompendium finden sich Beschreibungen für ein autonomes Fahrzeugsystem (vgl. Fischer, H.), ein Vorschlag für einfachere und kostengünstige Ladesysteme (vgl. Marx, P.) sowie neu entwickelte Materialien, die in der Leistungselektronik Verwendung finden (vgl. G. Bolenz, V.; Dudek, und Bornmann, M.). Ein ebenso inspirierender Beitrag beschreibt, wie ein Leichtfahrzeug mit Luft konstruiert wurde (vgl. Vietze, J. und Hoppe, U.).

Dazu kommen Vorstellungen von Mobilitätskonzepten (vgl. Mader, S.; Scherf, C. und Wagner, U.), urbaner Logistik (vgl. Greiderer, R.), von Prozessen zur partizipativen Produktentwicklung (vgl. Tihon, L.; Dienel, H.-L. und Fuchs, M.) und dem Materialrecycling (vgl. Rietig, A.; Acker, J.). Außerdem sind

die rechtlichen Regeln (vgl. Boesche, K.) zu beachten und neue Produkte entsprechend den Normen (vgl. Schreiter, C.) zu entwickeln. Diese F&E-Leistungen in Fachkompetenzen zu überführen, steht noch am Anfang. Sie wird derzeit u.a. durch die Lehr- bzw. unternehmerischen Tätigkeit der Autor*innen vorangetrieben und bedarf der Multiplikation.

FEHLBEDARFS-KOMPETENZEN

Der Dauerbetrieb von Infrastrukturen erfordert immer verfügbare, redundante, reparierbare Systemelemente. Als Schlüsselemente der vernetzten Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende gelten Fahrzeuge, Leistungselektronik, Netze und Speicher. Doch heute kennt niemand den gesamten rohstofflichen Aufwand für eine so genannte Smart City.¹⁰ Es ist davon auszugehen, dass er exponentiell höher ausfällt als der analog-unvernetzter Systeme. Deshalb sind Systemelemente kreislauffähig zu gestalten und für darin enthaltene Materialien Recyclingverfahren zu entwickeln. Für Bauteile der Leistungselektronik existieren bislang keine echten Recyclingverfahren, denn die Quoten liegen teils unter einem Prozent der eingesetzten Materialien.¹¹

Gleichzeitig ist die Reichweite der für die Digitalisierung benötigten Rohstoffe bei Fortschreibung heute vorherrschender Trends mit wenigen Jahren bis Dekaden prognostiziert. Eine tatsächliche Kreislaufwirtschaft global wie regional aufzubauen, ist sowohl für die allgemeine Daseinsvorsorge, als auch für die Wirtschaft und insbesondere neu aufzubauende Infrastrukturen also zwingend. Jedoch existieren dafür keine strukturell verankerten Prozesse zum Kompetenzaufbau oder verbindlichen Lehrinhalte in den relevanten Berufsfeldern und Berufen.

Für digital vernetzte Infrastrukturen müssen alle Systemelemente auf den Prüfstand und sehr wahrscheinlich nach o.g. Kriterien neu entwickelt werden. Die dafür nötigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten müssen ebenfalls geplant, vorbereitet und in Fähigkeiten übersetzt werden. Die derzeit laufenden und ausgeschriebenen Forschungsprogramme sind dafür noch kaum geeignet. Sie folgen dem Effizienzparadigma, sind quantitativ wachstumsdeterminiert und nachsorgend.

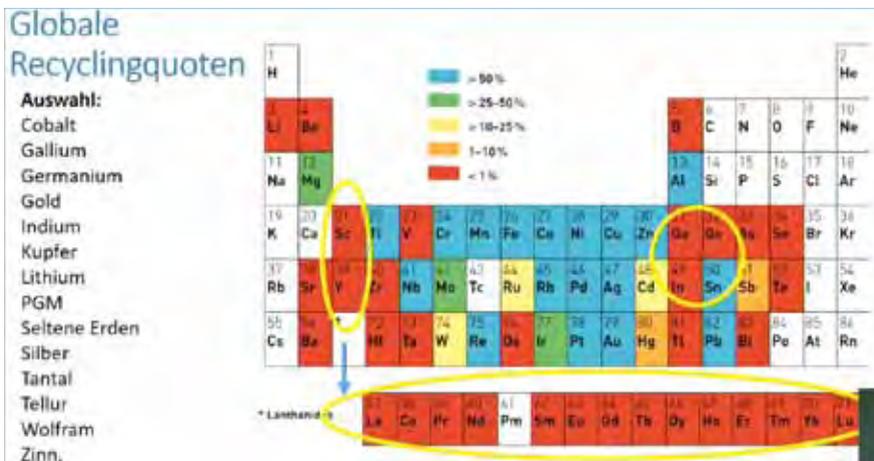


Abb.2: Globale Recyclingquoten (ebenda, Folie 15)

KOMMUNIKATIONSKOMPETENZEN

Mensch und menschliche Bedürfnisse gehören in den Mittelpunkt der wissenschaftlich-fachlichen Diskussionen der beruflichen Bildung und des beruflichen Handelns. Auch im Sinne Nachhaltiger Entwicklung ist dafür die Kommunikation zu adaptieren. Dazu müssen (nach Luhmann, N.) die Informationen wahr, mitgeteilt und verstehbar sein.

Diese Bedingungen für Kommunikation gelten universell und verbieten eine Übernahme von Marketingfloskeln in den Fachdiskurs: So gibt es dem Wortsinn nach weder Entsorgung (umfasst u.a. Abfallablagerung und -verbrennung, verteilt/verlagert nichtrückholbar z.T. gefährliche Verbindungen in Boden, Wasser, Luft) noch DataClouds (Datenspeicherung auf externen Rechnern). Den Terminus Künstliche Intelligenz müsste man ehrlicher Weise als "den Menschen von un kreativen, monotonen, unzähligen und wiederkehrenden Rechenoperationen entlastende Technologie" bezeichnen. Sogar beim Autonomem Fahren lohnen sich genauere Definitionen, um angestrebte Ziele, damit erreichbaren zusätzlichen Nutzen und notwendigen Aufwand beschreiben und erklären zu können.

Genau und verständliche Erklärungen sind auch ohne Verfälschungen möglich und sogar erforderlich, um im transdisziplinären Diskurs Missverständnissen vorzubeugen, relevante aber offene Fragen nicht als bereits beantwortet oder vernachlässigbar anzusehen. Die genannten Kriterien sind deshalb in der Bildungskette kontinuierlich auf den Kompetenzerwerb anzuwenden. Geeignete Methoden sind u.a. mit der Gewaltfreien Kommunikation entwickelt und erprobt.

Ihre Anwendung ist jedoch noch kein Allgemeingut und gehört deshalb mindestens in die Ausbilder-, Erzieher-, Lehrer- und Trainerqualifizierung. Die Kommunikation zur Gestaltung von Entwicklungen und dafür benötigten Entscheidungsprozessen bedient

sich verschiedener Formen (vgl. Daniels, K.). Die Qualität der Prozessergebnisse hängt maßgeblich von der genauen und klaren Kommunikation in und zwischen den Teams sowie Organisationen ab.

MANAGEMENTKOMPETENZEN

Besonders von den Führungspersonen werden ein übergreifendes Prozess- und Systemverständnis und eine hohe diesbezügliche Lernbereitschaft erwartet. Für die Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende, umfasst das Systemverständnis mindestens Aspekte dieser Sektoren und der Sektorenkopplung. Digitale, physische und durch Wirtschaftsprozesse gekoppelte Bestandteile sind mit ihren Funktionen und den Auswirkungen auf die Gestaltung von Arbeitsprozessen und Dienstleistungen sowie komplexen Zusammenhängen zu weiteren Bereichen zu verstehen. Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in den Wertschöpfungsketten sind ebenso Bestandteil eines anwendungsbereiten Systemverständnisses heutiger Führungskräfte, um zur Strategieentwicklung, zur Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit in Unternehmen beizutragen.

GESTALTUNGSKOMPETENZEN FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Lehrpersonen sind entscheidend für Lernerfolge der Lernenden - zeigen Metastudienergebnisse von John Hattie. In „Visible Learning“ ist die Wirksamkeit von Lehrpersonen als wichtigster Faktor im Lernprozess identifiziert und beschrieben.¹² Vor dem Hintergrund der aktuellen Transformationen, in denen Digitalisierung u.a. „in den Dienst globaler Nachhaltigkeit“¹³ gestellt wird, wächst auch die Bedeutung der Kompetenzen von Lehrpersonen. Genauso wichtig sind Kompetenzen, um die ständig neuen Themen und deren Inhalte in ihre Arbeit einzubinden und das Lernen neuzugestalten.

Kompetenz-begriffe	Kompetenz-kategorien	Teilkompetenzen der BNE-Gestaltungskompetenz
Sach- und Methodenkompetenz	Interaktive Verwendung von Medien und Tools	Weltoffen, neue Perspektiven integrierend Wissen aufbauen
		Vorausschauend denken und handeln
		Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln
Sozial-Kompetenz	Interagieren in heterogenen Gruppen	Gemeinsam mit anderen planen und handeln können
		An Entscheidungsprozessen partizipieren können
		Andere motivieren können, aktiv zu werden
Selbst-Kompetenz	Eigenständiges Handeln	die eigenen Leitbilder, die anderer reflektieren können
		selbständig planen und handeln können
		Empathie, Solidarität für Benachteiligte zeigen können
		Sich motivieren können, aktiv zu werden

Tab. 1: BNE-Gestaltungskompetenzen¹⁴

ANDERES ANDERS LERNEN ANDERE NARRATIVE FÜR DIE BILDUNG

Das Weltaktionsprogramm Bildung fordert für nachhaltige Entwicklung: „Bis 2030 sicherstellen, dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung.“ (Unterziel 4.7 der SDGs)

Seit Beginn des Jahrtausends wurden mit der UN-Dekade Bildung für Nachhaltige Entwicklung u.a. auch in Deutschland in der Allgemeinbildung verankert. Dort werden seitdem die Grundlagen gelegt, Kompetenzen für eine Nachhaltige Entwicklung aufgebaut und meist auch praktisch angewendet. Diese wirken sich

inzwischen auf die Berufswahlentscheidungen und Karrieren von Jugendlichen aus.

Auch für die Berufsbildung wurden durch das Bundesinstitut für Berufsbildung erst einzelne Modellprojekte, von 2015-2019 im Rahmen eines Förderprogrammes 18 Modellversuche, gefördert. In den Bereichen Kaufmännische Berufe, Gestaltung nachhaltiger Lernorte und in Berufen des Lebensmittelhandwerks und der Lebensmittelindustrie wurde lernortübergreifende Didaktik zur beruflichen Ausbildung für nachhaltige Entwicklung entwickelt, erprobt und verbreitet.

Das Bundesinstitut für Berufsbildung BIBB richtet aus den gewonnenen Erkenntnissen inzwischen den Fokus auf das Bildungspersonal und fordert: „... das Berufsbildungspersonal muss in die Lage versetzt werden, die zu vermittelnden Kenntnisse und Fertigkeiten mit Blick auf die ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen von Handlungsalternativen zu überprüfen und den Lernstoff so

auszugestalten, dass die Lernenden befähigt und motiviert werden, ihre beruflichen Handlungen im Rahmen ihrer Möglichkeiten nachhaltigkeitsorientiert auszurichten“.

Doch bei Weiterbildungs-Akteuren findet sich wenig Aufmerksamkeit und Bewusstsein für Bedarfe an Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Dies wirkt umso nachteiliger, als dass der Weiterbildungs-Bereich der größte Bildungsbereich von allen ist. Denn berufliche Kompetenzen werden in einer dreijährigen Ausbildung initial aufgebaut, danach jedoch bis zu 45 Jahre lang weitergebildet.

Das Narrativ, das es zu erzählen gilt, ist gleichzeitig die Überschrift der diesjährigen Jahrestagung des Nachhaltigkeitsrates: Zukunft zur Heimat machen. Das klingt nach aktivem, gemeinsamem Handeln in Dankbarkeit für bisher Geleistetes, Freude an der Fülle von Möglichkeiten und Zuversicht für unsere globalen Perspektiven - ein passendes Narrativ für das 21. Jahrhundert.

MIT BILDUNGSFORSCHUNG POTENZIALE BESCHREIBEN UND HEBEN HELFEN

Die Bildungsforschung bewegt u.a. die Frage, auf welche Weise in Zeiten zunehmender Komplexität und Unsicherheiten die Entscheidungs- und Handlungsfähigkeiten durch Bildung gestärkt werden. Daneben ist der Kontext entscheidend - ohne Kenntnis gesellschaftlicher Entwicklungen inkl. der Sozial-, Technik- und Wissenschaftsentwicklungen ist weder die Anerkennung des bisher Geleisteten möglich, noch gemeinsam Alternativen zu entwickeln, die handlungsleitend wirken. Hier leistet die berufliche Bildungsforschung ihren Beitrag zum Gesamtbild.

In der jährlichen Frühjahrsbefragung des Institutes für Betriebliche Bildungsforschung IBBF werden Fragen zu Entwicklungsrichtungen der Weiterbildung gestellt, so zu Bedingungen, Lernformen und -formaten und weiteren Details. Mit Ergebnissen aus einer Reihe von nunmehr sechs Befragungen lassen sich Trends ablesen. So lässt sich zeigen, dass der vor Jahren prognostizierte demografische Wandel inzwischen in den Organisationen mit unterschiedlichen Auswirkungen angekommen ist, die sich noch weiter verstärken. Gefragt wird auch nach Lösungs-



Abb. 3: IBBF (2018): Frühjahrsbefragung, Aktivitäten zur Bewältigung der Auswirkungen des demografischen Wandels

ansätzen bspw. zu den Auswirkungen des demografischen Wandels in Betrieben. Dort werden als am sinnvollsten „Berufsausbildung“ und „Berufliche Weiterbildung“ angesehen (vgl. Abb.3 als Beispiel für andere Herausforderungen).¹⁵

Die Befragung von 2500 Jugendlichen in Ost-Brandenburg zu ihren Berufswünschen und Kriterien für die Berufs- und Ausbildungsbetriebswahl zeigte schon 2017 detaillierte Entwicklungsrichtungen der Ausbildungsplatz-Nachfrage. Von 2500 befragten Jugendlichen äußerten sich zur Kategorie Wunschberuf 1.934 Jugendliche mit 655 unterschiedlichen Angaben, die auf 250 Berufe aggregiert werden konnten.

Von den 1934 Jugendlichen gaben nur 20% einen gewerblich-technischen Berufswunsch an. Nur 45 Mädchen gaben einen Berufswunsch in dieser Kategorie an, wobei in drei Landkreisen keines der befragten Mädchen einen gewerblich-technischen Berufswunsch äußerte.

Bemerkenswert sind auch die Bewertungskriterien, die Jugendliche für ein Ausbildungsunternehmen entscheidend finden. Über 70% der befragten Jugendlichen ist sehr wichtig oder wichtig:

- ein Arbeitsplatz, der genau meinen Interessen entspricht
- gute berufliche Perspektiven
- gutes Gehalt
- eine Firma mit einem guten Ruf.

Gesamtergebnis	2314	Anteil	Platz
Erzieher*in	198	8,56%	1
Polizist*in	108	4,67%	2
Kfz Mechatroniker*in	97	4,19%	3
Krankenschwester/ -Pfleger	79	3,41%	4
Einzelhandelskaufmann/-kauffrau	57	2,46%	5
Bundeswehrberufe	41	1,77%	6
Koch/Köchin	41	1,77%	7
Tierpfleger*in	40	1,73%	8
Tischler*in	33	1,43%	9
Kaufmann/-frau Büromanagement	31	1,34%	10
Bankkaufmann/-frau	28	1,21%	11
Industriemechaniker*in	28	1,21%	12
Verwaltungsfachangestellte/-r	26	1,12%	13
Landwirt*in	25	1,08%	14
Mechatroniker*in	25	1,08%	15
Notfallsanitäter*in	23	0,99%	16
Pflegefachkraft der Altenpflege	22	0,95%	17
Arzt/Ärztin	22	0,95%	18
Beamt(er/in) - Zolldienst	21	0,91%	19
Elektriker*in	20	0,86%	20

Tab. 2: IBBF (2017) Auswertung der Berufswünsche Jugendlicher

Nähe zur Familie, zu Freunden und Freund*in ist über 50% der Jugendlichen sehr wichtig oder wichtig.¹⁶

Aus diesen Angaben hat das IBBF einen Ausbildungsattraktivitäts-Check für Betriebe entwickelt, der als Onlineversion zur Verfügung gestellt wird. Mit Ergebnissen wie diesen werden von Forschungs- und Wirtschaftsakteuren Schlüsse für notwendige Anpassungsentwicklungen gezogen, gemeinsame Ansätze formuliert und in Modellprojekten erprobt. Die Ergebnisse können genutzt werden, um strukturelle Anpassungen vorzunehmen, zu verknüpfen und auszubauen, um die mit jungen, gut ausgebildeten Fachkräften verbundenen Chancen für Transformationen zu nutzen. Denn diese Potenziale werden derzeit weder mit Berufsorientierung noch dualer Ausbildung ausreichend gehoben.

BILDUNGSKETTE INHALTLICH ERNEuern UND SCHLIessen

Autarkiestreben ist eine wichtige Motivation für das individuelle Lernen. Diese Motivation ist als Voraussetzung für selbstgesteuertes Lernen über die Bildungskette hinweg anzuerkennen und zu fördern. Dazu werden Gestaltungs- und Entscheidungsfreiheiten und geeignete Bedingungen benötigt, wie bspw. offene Lern- und Erfahrungsräume, Materialien, Kommunikation und Zeit mit Personen, die ihre Kompetenzen zur Verfügung stellen. Dazu gehören von Anfang an auch Möglichkeiten durch Scheitern zu lernen und neu zu starten.

Handlungsfähigkeiten, die im Laufe der Menschheitsgeschichte entwickelt wurden, müssen weiter in der Bildungskette verankert, erhalten, erworben und ausgeübt werden. Handwerkliche und technische Fähigkeiten können dazu von der frühkindlichen Bildung, über die Entwicklungsstufen während der Allgemeinbildung bis in die Ausbildung und Weiterbildung konsistent aufgebaut werden. Damit wird auch eine Basis für

den angemessenen Aufbau und die Einordnung neuer Fähigkeiten gelegt.

Die altersgerechte Einordnung gilt auch für den Aufbau digitaler Kompetenzen. Grundlagen sind früh mit der altersentsprechenden Aneignung einfacher Informations- und Kommunikationstechniken aufbaubar. Wichtig sind die schrittweise Einordnung und Funktionsweisen von Bestandteilen der digitalen Welt, um weitere Entwicklungen vorzubereiten.

Für die Einordnung neuer Themenfelder in die Bildungskette werden passende Lernformen benötigt, jedoch immer auch reale Umsetzungserfahrungen, denn Kompetenzentwicklung entsteht durch Handeln in der Praxis. Dies gilt über die ganze Bildungskette hinweg: ab der frühkindlichen, über die Allgemeinbildung, in der beruflichen Bildung, inkl. der Weiterbildung. Auch wenn im Erwachsenenalter die Grundlagen bereits erfolgreich gelegt wurden und berufliche Fähigkeiten nur aktualisiert und ergänzt bzw. spezialisiert werden, wird Gelerntes erst durch Anwendung erfolgreich erinnert und umsetzbar.

Die Bildungskette schließen heißt in diesem Sinne Heranwachsenden dann echte Aufgaben zugestehen, wenn sie sich diese selbst zutrauen und sie auf ihrem Weg in die Arbeitswelt begleiten und nicht allein lassen. Dafür braucht es kontinuierliche aufgebaute Beziehungen und zunehmende Erfahrungen in unterschiedlichen realen Organisationen. Einen echten Beitrag leisten, der gebraucht wird, dieses Gefühl müssen Jugendliche zu einem Zeitpunkt erleben, zu dem sie ihn zu leisten im Stande sind und nicht erst mit über 20 Jahren. Denkbar ist dafür einen Wochentag regelmäßig oder auch die gesamte 9. Klasse zu verwenden.

LERNEN UND WEITER LERNEN

Berufliche Bildung, die formal mit der Ausbildung beginnt, bedarf Voraussetzungen, die früher im Leben gelegt werden. Wie Her-

anwachsende angeleitet werden, ihre Art zu lernen zu finden, mit welchen Themen, zu welchem Zweck und in welcher Weise sie vorgehen, welche Materialien und Werkzeuge sie dafür nutzen, sind Grundlagen und auch Gelingensbedingungen beruflicher Bildung.

Das Bildungsziel ist in Berlin wie folgt beschrieben

„Die Schule soll Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Werthaltungen vermitteln, die die Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzen, ihre Entscheidungen selbständig zu treffen und selbständig weiterzulernen, um berufliche und persönliche Entwicklungsaufgaben zu bewältigen, das eigene Leben aktiv zu gestalten, verantwortlich am sozialen, gesellschaftlichen, kulturellen und wirtschaftlichen Leben teilzunehmen und die Zukunft der Gesellschaft mitzuformen.“¹⁷

Fähig ist in diesem Sinne, wer selbstgesteuert lernen, entscheiden und handeln kann.

Deshalb muss das Arbeiten lernen zum integrierten Bestandteil in der Allgemeinbildung werden. In dem Heranwachsende mit (Natur-)Materialien, Messinstrumenten und Werkzeugen umgehen lernen, einfache Hilfsmittel selbst herstellen und anwenden; erwerben sie grundlegende Kompetenzen, um sich diese Welt anzueignen, ihren Platz bewusst definieren oder erfinden zu können.

Die Brücke in die Arbeitswelt ist stückweise aufzubauen, mit innerschulischen Aufgaben und Lernmöglichkeiten sowie externen Erfahrungen in der Berufswelt. Dazu gehört u.a. auch die Umgestaltung der Ausbildung von Lehrpersonen (für Schule, Berufsschule, Betriebe). Bis diese Prozesse vollzogen sind, sind entsprechende Weiterbildungen zu organisieren.

Diesen Herausforderungen widmet sich das Institut für Betriebliche Bildungsforschung IBBF mit seiner Forschungs- und Entwick-

lungstätigkeit. So hat das IBBF im Rahmen eines von der Senatsverwaltung für Arbeit, Integration und Frauen in Berlin geförderten Modellprojektes ein übertragbares Weiterbildungssystem für modulares berufliches Lernen entwickelt und erprobt. Es folgt dem Grundsatz der Kompetenzorientierung und der Berufsbezogenheit in der beruflichen Weiterbildung. Ziel ist, neue Kompetenzen durch arbeitsplatznahes Lernen in den Prozess der Arbeit zu integrieren. Die Lernprozesse folgen einem einheitlichen Standard, der Arbeitsaufgaben zur Validierung des Kompetenzaufbaus vorsieht. Bislang wurden über 100 Weiterbildungsbausteine in weiteren Modelprojekten und Themenfeldern der Energietechnik und der Mobilität entwickelt und erprobt.¹⁸

KOLLABORIEREN

Ein wichtiges Merkmal derzeitiger Transformationen ist die Bereitschaft zur Zusammenarbeit. Die vorangegangenen Überlegungen erfordern ganze Kompetenzbereiche weiterzuentwickeln. Dies macht deutlich, dass Zieladaptionen nicht nur neue Lerninhalte zur Folge haben, sondern neue Formen der Zusammenarbeit mit Menschen anderer Disziplinen, Organisationen, Sektoren erfordern. Aus bewährten Kooperationen (Zusammenwirken) werden Kollaborationen (Zusammenarbeit).

Für die zunehmende Dynamik an Veränderungen sind eine solide Ausbildung in Elementartechniken, Primärerfahrungen in allen Lebensbereichen sowie Autonomie- und Gruppenkompetenzen für die Zusammenarbeit erforderlich. Interdisziplinäre Teams, die in transdisziplinären Themenfeldern agieren, benötigen die gemeinsame Basis, um darauf aufbauen und bei Bedarf dorthin zurückkehren zu können. Sprachen-, Medien-, und Digitalkompetenzen sind ebenso erforderlich. Die nötigen Digitalkompetenzen aufzubauen ist wegen der Gleichzeitigkeit des Entstehens der Anforderungen und Lösungen nur über

modulare Weiterbildungen im erforderlichen Umfang möglich. Unerlässlich sind diese Weiterbildungen als berufsübergreifenden Zusatzqualifikation für KMU-Kollaborationen. Einen validen Vorschlag hat dafür das Berliner Modell „Zusatzqualifikationen für digitale Kompetenzen“ vorgelegt.¹⁹

Kollaborationen können und werden bereits sehr effektiv genutzt, wenn die Beteiligten eine sie einende Motivation haben, gemeinsame Ziele verfolgen und einander vertrauen. Kollaborationen gelingen, wenn dringende und relevante Anliegen wie bspw. Batteriezellproduktion damit verfolgt werden. Die European Battery Alliance verfolgt die Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Unternehmen. Daran beteiligen sich 260 Unternehmen, der Start scheint gelungen.

Die derzeitige gewollte Digitalisierung und Vernetzung ganzer Wertschöpfungsketten der Bereiche Energie, Mobilität und Wärme erfordern den Aufbau und Zubau von Speichern. Als ein strategisches Thema wird der Zugang zu den Rohstoffen für Batteriematerialien als ein Schlüssel für zukünftige Wertschöpfung definiert. Etwa 20 s.g. Gigafactories sollen mit Batteriezellen die kommenden Speicherbedarfe in der EU sichern. Vizepräsident der EU-Kommission Maroš Šefčovič sagt dazu: „Batterien sind das Herzstück der industriellen Revolution, und ich bin überzeugt, dass Europa das Zeug dazu hat, der Weltmarktführer in Sachen Innovation, Dekarbonisierung und Digitalisierung zu werden.“²⁰

Der Kern dieser Kollaborationen liegt in der engen Zusammenarbeit von Forschern und Entwicklern mit den anwendenden Unternehmen, bspw. um in der EU lagernde Mineralien zu nutzen aber auch Produktions- und Recyclingkapazitäten zu erhöhen. Dies dient dazu die hiesige Wertschöpfung unabhängig von Rohstoffimporten aufzubauen und dafür nötige Fachkräfte zu bilden und binden.

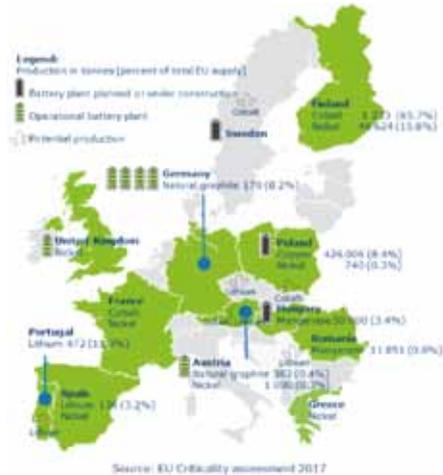


Abb. 4: Minenproduktion und Potenzial von Batterieerohstoffen und Batterieanlagen in der EU²¹

IN NETZWERKEN SYSTEMWISSEN AUFBAUEN

Global ist das für uns Menschen bedeutendste Netzwerk das Erdsystem. Tiefergehendes Verständnis für unsere Existenzgrundlagen aufzubauen ist deshalb eine wichtige Aufgabe von Forschungs- und Bildungsaktivitäten, insbesondere im Hinblick der SDG's. Wissenschaftler*innen veröffentlichen kontinuierlich aktuelle Erkenntnisse. Diese müssten auch kontinuierlich in die Bildung eingesteuert werden. Akteure und Organisationen mit Ausrichtung auf Bildung für Nachhaltige Entwicklung veröffentlichen Angebote und Materialien auf www.bne-portal.de. Über www.bbne.de sollen Akteure der beruflichen Bildung und über www.hoch-n.org die in der akademischen Bildung erreicht werden. Für Erzieher*innen und Lehrer*innen bietet das Netzwerk www.esd-expert.net Mentoring und Weiterbildung zum Thema.

Die fachöffentlichkeitswirksame Umsetzung von F&E-Ergebnissen und indirekter Kompetenzaufbau findet derzeit durch s.g. Schaufensterprojekte, Demonstratoren und Real-labore statt. Im vorletzten Jahr endete nach fünf Jahren das „Schaufenster Elektromobilität“ der Bundesregierung. 141 ausgewählte Projekte erarbeiteten zu unterschiedlichen Aspekten neue Konzepte und Lösungen.²² Dazu gehörte von 2014-16 auch LERNWELT ELEKTROMOBILITÄT mit vier Partnern unter Konsortialführung des IBBF. Darin wurden Bildungsbedarfe für die Elektromobilität entlang der Bildungskette identifiziert, Module zur Deckung der Bedarfe entwickelt und erprobt sowie Karrierewege beschrieben. Für die Erarbeitung der Lernmodule wurden mit Hilfe eines Zukunftswerkstatt-Prozesses Entwicklungsteams aus Know-How-Trägern und Unternehmen gebildet. In begleiteter Zusammenarbeit definierten diese Themen und weitere Prozesse, entwickelten Lernmodule, erprobten und evaluierten diese.²³

Im Nordosten Deutschlands erarbeitet im Projekt WindNODE ein großes Konsortium, gefördert durch das „Schaufenster für intelligente Energie“ Lösungen für Power-to-Heat/ -to-Cold/-to-Gas-Prozesse. Prof. Schwarz regt in seinem Beitrag an, die Systemintegration von Speichern und steuerbaren Lasten im Wege der s.g. Sektorkopplung weiter auszubauen. Dafür und um ihr Engagement abzustimmen, gründen Akteure in der Hauptstadtregion derzeit ebenfalls ein Netzwerk. Regional existieren und entstehen Netzwerke mit jeweils anders gelagerten Schwerpunkten, die aber den gleichen Themenkomplexen zuzuordnen sind, oft auch ohne sich abzustimmen oder voneinander zu wissen. Um die Zusammenarbeit zu intensivieren sind in der Hauptstadtregion Innovationscluster gegründet worden, die einer abgestimmten Innovationsstrategie folgen.²⁴

NEUE WEGE DIGITAL VERNETZEN

Für die digital vernetzte Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende sind mit den SDG`s die

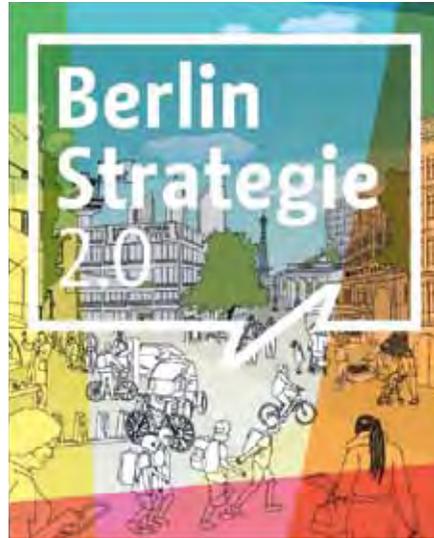


Abb. 5: Berlin 2030-Strategie²⁵

Ziele für die kommenden 15 Jahre gesteckt. Wie sie erreicht werden können und welchen Anteil Städte wie Berlin daran haben wollen, ist im Wesentlichen ebenfalls bereits beschlossen. Die „Bits und Bäume“-Konferenz Ende letzten Jahres hat klargemacht, dass Akteure der IT-Szene, von Organisationen, Wissenschaftler und Studierende Möglichkeiten sehen, wie Digitalisierung zu Nachhaltiger Entwicklung beitragen kann und wird.

Digitalisierung ist für diese Veränderungsprozesse Mittel zum Zweck. Mit digitalen Methoden und Werkzeugen können effektiver Verbindungen geschaffen und große Datenmengen ausgewertet und gespeichert werden, die zur Gewinnung von Entscheidungs- und Handlungssicherheit beitragen. Dieses Ziel nehmen auch die s.g. Reallabore für sich in Anspruch, um für begrenzte Zeit geltende Regeln außer Kraft zu setzen, zu experimentieren, um Neues in den Grenzen und zugunsten der Gemeinschaft zu erproben, wie bspw. „Smart Grids“ in einem Stadtquartier

oder gar „Smart City“ für neue Stadtteile. Für Smart City sind zwei Aspekte zu wenig diskutiert: Autarke Hard- und Software sowie der dafür nötige Rohstoffaufwand, der bisher kaum beachtet ist. Es stellt sich die Frage nach der Skalierbarkeit dieser Konzepte unter den heutigen Bedingungen. Alle bisher bekannten Studien erlauben den Schluss, dass Stoffkreisläufe notwendige Voraussetzung dafür sind.

Reallabore können auch dem Lernen einen neuen Rahmen geben. Stadt als Bildungslandschaft zu begreifen, zu integrieren und zu organisieren, ermöglicht neue Lernformen und trägt so zur Selbstwirksamkeit und Widerstandsfähigkeit im Quartier bei. Was für Einzelne zutrifft, gilt in Reallaboren ebenso für Organisationen und führt idealerweise zu neugeordnetem Entscheiden und Handeln, zu neuen Prozessen und auch Haltungen. Denn zunehmende Spezialisierung erfordert gemeinsame Ziele, Verbindungen, Kooperationen, Formen und Erfahrungen, um auch Verantwortung für Entwicklungen zu übernehmen, die sowohl dem Allgemeinwohl dienen, als auch dem Betriebsergebnis. Berufliches Lernen ist vor diesem Hintergrund ein anderes Lernen als zuvor und kann beitragen Lebensgrundlagen zu schützen und allen Menschen den Zugang zu Energie zu sichern.²⁶

Mit der Mobilitätswende wird zunehmender Verkehr als großer Energieverbraucher mit erneuerbarer Energie angetrieben und neu organisiert. Bisher war Verkehr vom Erdöl abhängig, entzog der Landwirtschaft und anderen Zwecken Flächen und verursachte durch Verbrennung Lärm- und Schadstoffemissionen. Deshalb wurde eine Reduktion der verkehrsseitigen CO₂-Emissionen bis 2030 um 40 % gegenüber 1990 im Klimaschutzplan der Bundesregierung festgelegt. 2050 soll der Verkehr treibhausgasneutral also mit erneuerbarer Energie angetrieben funktionieren. Die steigende Mobilität soll durch veränderten Modal Split möglich werden, indem

öffentliche Verkehrsmittel attraktiver, besser kombinierbar und ausgelastet werden.²⁷

FAZIT

Eine gemeinsame Forschung und Entwicklung, Planung, Umbau, Betrieb und Steuerung der Sektoren Energie, Verkehr und Wärme wird vorangetrieben, nicht nur weil sie gleichermaßen am Klimawandel beteiligt sind und dementsprechend zum Klimaschutz beizutragen haben. Sie beanspruchen in Teilen die gleichen Infrastrukturen. Die Veränderungsprozesse müssen deshalb von den Akteuren arbeitsteilig, kollaborativ und vernetzt vorangetrieben werden, weitere Aspekte wie Rohstoff-Reichweite und Kreislauffähigkeit beachtend - aus finanziellen, materiellen und personellen Gründen - und natürlich enkeltauglich.

Voraussetzungen und Möglichkeiten zu schaffen, den Herausforderungen begegnen zu können, ist die Aufgabe der beruflichen Bildung. Dafür sind Lernkompetenzen in der gesamten Bildungskette aufzubauen, Lernformen in die Arbeit zu integrieren und diese lernförderlich zu gestalten. Dazu bedarf die Ausbildung der Lehrenden einer praxisnahen Aktualisierung. Nicht zuletzt sind für neue Bildungsanstrengungen geeignete Bedingungen zu schaffen.

Die berufliche Bildungsforschung erarbeitet dafür aktuelle Ergebnisse sowie Empfehlungen und steht mit innovativen Konzepten zur Erprobung an der Seite von Bildungsakteuren und Unternehmen. Insbesondere die Unterstützung von Kollaborationen steht im Mittelpunkt aktueller Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Darin erarbeiten Bildungs-, Forschungs- und Wirtschaftsakteure gemeinsame Beiträge zum Systemwissen, Lösungen und Vorschläge für das gemeinsame Arbeiten und Lernen. Mit ihrer Umsetzung in die berufliche Bildung und Praxis wird die vernetzte Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende Realität und gelingen.

ENDNOTES

- 1 BMBF (2017): Bericht der Bundesregierung zur Bildung für nachhaltige Entwicklung, Online abrufbar unter: https://www.bmbf.de/files/Drucksache_1813665_BT-Bericht%20BNE.pdf
- 2 Vereinte Nationen (2016): Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, Resolution der Generalversammlung, Onlineabrufbar unter: <http://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>
- 3 Dubielzig, Frank; Schaltegger, Stefan (2004): Methoden transdisziplinärer Forschung und Lehre, Seite 6, Online abrufbar unter: http://www2.leuphana.de/umanagement/csm/content/nama/downloads/download_publicationen/49-8downloadversion.pdf
- 4 Europäische Kommission (2015): Energie, Klimawandel, Umwelt, online abrufbar unter: https://ec.europa.eu/clima/index_de
- 5 Merkel, Angela (2016): Ein Anspruch an unser Handeln, Rede von Bundeskanzlerin Merkel im Rahmen der 16. Jahreskonferenz des Rates für Nachhaltige Entwicklung am 31. Mai 2016, Online abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/merkel-ein-anspruch-an-unser-handeln-403392>
- 6 Krüger, Julia; Lischka, Konrad (2018): Damit Maschinen den Menschen dienen - Lösungsansätze, um algorithmische Prozesse in den Dienst der Gesellschaft zu stellen - Arbeitspapier - im Auftrag der Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, Online unter: https://algorithmenethik.de/wp-content/uploads/sites/10/2018/05/Algorithmenethik_L%20C3%B6sungspanorama_final_online.pdf
- 7 Schmidt-Meergans, Evelyn (2019): Digitalisierung beruflicher Bildung, Arbeitsdefinition im Rahmen des Modellprojektes QUANT des IBBF, Online abrufbar unter: <https://www.quant-bb.de/infomaterial/>
- 8 Burchardt, Jens; Herden, Torsten; Pohls, Helge, Hennig; Hans-Martin; Lösch, Holger (2019): Expertise bündeln, Politik gestalten - Energiewende jetzt! Essenz der drei Grundsatzstudien, zur Machbarkeit der Energiewende bis 2050 in Deutschland (ACATECH, BDI, DENA, Leopoldina) vorgestellt in einer Veranstaltung am 20. Februar, 2019 in Berlin
- 9 Braungart, Michael; McDonough, William (2003): Einfach intelligent produzieren - Cradle to Cradle, Berliner Taschenbuch Verlag
- 10 Statista (2018): Methodikbericht zum Projekt „Rohstoffaufwand von vernetzter e-Mobilität“, internes Dokument, im Auftrag und vorliegend beim IBBF Berlin
- 11 Bax, Verena; Handke, Volker: Recycling im Zeitalter der Digitalisierung, Vortrag in der Konferenz „Bits und Bäume, 17.11.2018, an der Technischen Universität Berlin
- 12 Hattie, John (2014): Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen, deutschsprachigen Ausgabe von „Visible Learning for Teachers“, Schneider Verlag
- 13 WBGU (2019): Digitalisierung - worüber wir jetzt reden müssen, Positionspapier des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Online https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu.de/templates/dateien/veroeffentlichungen/weitere/digitalisierung.pdf
- 14 De Haan, Gerhard (2007): Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept für Bildung für nachhaltige Entwicklung, Vortrag, Fachtagung Operationalisierung und Messung von Kompetenzen der BNE, Berlin, 1.2.2007, S. 14, Online http://www.institutfutur.de/tagung/files/beitraege/deHaan_ppt.pdf

- 15 IBBF (2018): Frühjahrsbefragungen zu Herausforderungen und Entwicklungen in der Weiterbildung, Seite 6, Online <https://www.ibbf.berlin/assets/images/Dokumente/01%20Ergebnisse%20FB18%20V5%2006.11.18.pdf>
- 16 IBBF (2017): Auswertung der Schülerbefragung im Rahmen des Projektes „VISTA - Vision-Strategie-Aktion“ des Qualifizierungszentrum der Wirtschaft in Eisenhüttenstadt, internes Dokument
- 17 Schulgesetz für das Land Berlin - (Schulgesetz - SchulG), Vom 26. Januar 2004 (GVBl. S. 26), §1 Auftrag der Schule, online abgerufen: <https://www.schulgesetz-berlin.de/berlin/schulgesetz.php>
- 18 Steinhöfel, Michael; Brückner, Walter (2017): Weiterbildung neu denken und gestalten, IN: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis-Heft1/2017, S. 46-48, herausgegeben vom Bundesinstitut für Berufsbildung BIBB, Bonn
- 19 Schröder, Frank (Hg.) (2018): Auf dem Weg zur digitalen Aus- und Weiterbildung von morgen, wbv Verlag, Berlin
- 20 European Commission (2019): European Battery Alliance, online abgerufen am 15. Januar 2019: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance_en
- 21 European Commission (2018): Report on Raw Materials for Battery Applications, Seite 7, Brussels, 22.11.2018, online <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/3rd-mobility-pack/swd20180245.pdf>
- 22 VDI/VDE Innovation + Technik (2014): Schaulfenster Elektromobilität - eine Initiative der Bundesregierung, Online abrufbar unter: <https://schaufenster-elektromobilitaet.org/de/content/index.html>
- 23 (2015): Schriftenreihe LERNWELT ELEKTROMOBILITÄT; Online abrufbar unter: <https://www.ibbf.berlin/publikationen/elektromobilitaet.html>
- 24 Senat von Berlin, Regierung des Landes Brandenburg (2019): Gemeinsame Innovationsstrategie der Länder Berlin und Brandenburg, vom 29. Januar 2019, Online abgerufen am 22.2.2029 unter http://innobb.de/sites/default/files/downloads/innobb_2025.pdf
- 25 Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2015): BerlinStrategie | Stadtentwicklungskonzept Berlin 2030, Online abrufbar unter: https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungskonzept/download/strategie/BerlinStrategie_de_PDF.pdf
- 26 WBGU (2003): Welt im Wandel - Energiewende zur Nachhaltigkeit, Hauptgutachten 2003, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2003, Online abrufbar unter: <https://www.wbgu.de/hauptgutachten/hg-2003-energiewende/>
- 27 Bundesregierung Deutschland (2016): Klimaschutzplan, Online abrufbar unter: <https://www.bmu.de/download/klimaschutzplan-2050/>

AUTORENVERZEICHNIS

Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

Harald Schwarz ist seit 1995 Leiter des Lehrstuhles Energieverteilung und Hochspannungstechnik an der BTU in Cottbus. Davor war er für ABB Schaltanlagen bzw. ABB Transformatoren in Mannheim tätig. Er ist Gast- bzw. Honorarprofessor an der Polytechnic University in St. Petersburg, der University of Shanghai for Science and Technology und der Shanghai Electric Power University. Eines seiner wesentlichen Forschungsgebiete ist die Netzintegration erneuerbarer Energien und Elektromobilität. Harald Schwarz verantwortete Projektbeiträge zu den Berlin-Brandenburgischen Leitprojekten Elektromobilität, zum Nationalen Schaufenster Elektromobilität sowie aktuell zum Nationalen Schaufenster Intelligente Energie.

Dr. Katharina Vera Boesche

Frau Boesche ist Rechtsanwältin, Leiterin der Fachgruppe Recht IKT für Elektromobilität und berät seit 2009 das BMWi sowie Unternehmen in Rechtsfragen der Elektromobilität. Der Schwerpunkt liegt auf der rechtskonformen Ausstattung der Ladeinfrastruktur (Eich-, Energiewirtschafts-, Stromsteuer- und Datenschutzrecht). Sie verfasst Handlungsanregungen und leitet Workshops, an denen Vertreter der Elektromobilitätsbranche ebenso teilnehmen wie die Vertreter der relevanten Ministerien und Behörden. Aktuell widmet sie sich der eichrechtskonformen Umrüstung des Bestands von Ladesäulen sowie dem Thema des Beitrags in diesem Band. Frau Boesche ist eine geschätzte Vortragsrednerin und Verfasserin von Fachpublikationen.

Corinna Schreiter, M.Sc.

Corinna Schreiter ist Projektmanagerin in der Abteilung Innovation und seit 2014 bei DIN beschäftigt. Seit 2016 ist sie in der Geschäftsstelle Elektromobilität tätig und betreut dort Standardisierungsaktivitäten und Forschungsprojekte. Aktuell betreut Frau Schreiter das Fördervorhaben „EmoStar²K - Förderung

der Elektromobilität durch Standardisierung, Koordination und Stärkung der öffentlichen Wahrnehmung“. Der Ansatz von EmoStar²K ist es, durch die Umsetzung übergreifender, koordinierender Maßnahmen und durch gezielte Unterstützung der deutschen Industrie und Forschungseinrichtungen die Vorreiterrolle Deutschlands beim Setzen von Normen und Standards der Elektromobilität voranzutreiben.

Prof. Dr.-Ing. Julia Kowal

Julia Kowal ist seit März 2014 Professorin für Elektrische Energiespeichertechnik an der TU Berlin. Vorher arbeitete sie als Doktorandin und Oberingenieurin am ISEA der RWTH Aachen, in der Gruppe Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die Modellierung und Lebensdauerprognose sowie Zustandsbestimmung von Lithium-Ionen-Batterien, Bleibatterien, Metall-Luft-Batterien und Supercaps. Betrachtet werden sowohl stationäre Anwendungen wie Heimspeicher als auch mobile Anwendungen wie Elektrofahrzeuge.

Katharina Daniels

Katharina Daniels ist Kommunikationsberaterin und Publizistin sowie Mentorin von Kommunikationsprozessen im Unternehmen. Speziell in Veränderungsprozessen besteht die größte Herausforderung darin, eine gemeinsame Sprache für alle Beteiligten zu finden. Ihren Schwerpunkt setzt die Kommunikationsexpertin in Zeiten digitaler Transformation auf kulturelle Innovation und hat hierzu die Verbundinitiative „authentisch anders. Kulturwandel in Unternehmen und Gesellschaft“ ins Leben gerufen.

Simon Mader, M.Sc.

Simon Mader arbeitet seit dem Jahr 2015 als wissenschaftlicher Berater für nachhaltige Mobilität bei der M-Five GmbH Mobility, Futures, Innovation, Economics in Karlsruhe. Er absolvierte einen B.Sc. in Sozialwissenschaften an der Universität Köln und einen Master in Transport, Mobilität, Umwelt und

Klima an den Universitäten Besançon und Dijon. In seiner Freizeit bloggt er für den Verkehrsclub Deutschland e.V. und engagiert er sich für verantwortungsbewusste Mobilität sowie für den Radverkehr in seiner Heimatstadt Tübingen.

Dr. Christian Scherf

Christian Scherf ist wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der M-Five GmbH Mobility, Futures, Innovation, Economics in Karlsruhe. Er studierte Soziologie und Verkehrswesen an der Technischen Universität Berlin und arbeitete von 2009 bis 2018 am Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) sowie am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. Er forscht und berät zu den Themen neue Mobilitätsangebote, Datenanalyse und gesellschaftliche Effekte des Verkehrs.

Udo Wagner, M.A.

Udo Wagner (M.A. in Humangeographie) arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter für nachhaltige Mobilität seit November 2016 für M-Five GmbH in Karlsruhe. Schwerpunkt seiner Tätigkeiten sind die Modellierung von Fahrzeugflotten sowie Beschäftigung durch Mobilitätsdienstleistungen, Fahrzeugbau und Fahrzeugkomponenten. Zuvor arbeitete er an Projekten im Bereich Mobilitätsmanagement der Stadt Stuttgart (Teil des EU-geförderten Projekts 2MOVE2) sowie an der Eberhard Karls Universität Tübingen.

Karen Rike Greiderer

Die Magistra der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften ist seit 2013 als freiberufliche Autorin, Netzwerkerin und Projektmanagerin in der Fahrradbranche tätig. Der Fokus ihrer Arbeit liegt auf der Kommunikation und Etablierung (sub)urbaner Mobilität mit dem Fahrrad - von Faltrad, über Stadtrad bis eCargobike. Aus gegebenem Anlass liegt ihr aktueller Arbeitsschwerpunkt auf sicherer, autofreier Familienmobilität mit dem Fahrrad und setzt sich über das Mobilitätsthema für gesunde, lebenswerte Städte bzw. Regionen und Klimaschutz ein.

Laura Tihon, M.Sc.

Die Bekleidungstechnikerin Laura Tihon promoviert bei Prof. Dr. Hans-Liudger Diemel und Prof. Monika Fuchs innerhalb des Berliner Hochschulprogramms DiGiTal, das die chancengerechte Teilhabe und kritische Begleitung von Digitalisierungsprozessen verfolgt. In ihrer Dissertation erforscht sie den Paradigmenwechsel von klassischer Produktentwicklung analoger Bekleidung hin zu einer Integration des Kunden in den Innovationsprozess von digitaler Bekleidung. Ihre Ergebnisse zur partizipativen Produktentwicklung werden in Forschung und Lehre der HTW und TU Berlin integriert.

Prof. Monika Fuchs

Monika Fuchs wurde 2006 als Professorin für Bekleidungstechnik an der HTW Berlin berufen. Ihre Schwerpunkte in Lehre u. Forschung sind die technisch-administrative Produktentwicklung, globale Beschaffung u. Nachhaltigkeit, sowie Wäschepflege im Haushalt. Sie forscht zu Open Innovation, den Digitalisierungspotentialen in der Wäschepflege und zu Fahrradbekleidung als Enabler für eine Mobilitätswende.

Prof. Dr. Hans-Liudger Diemel

Hans-Liudger Diemel ist Professor für Arbeitslehre, Technik und Partizipation an der TU Berlin und leitet zugleich das nexus Institut für Kooperationsmanagement in Berlin. Er arbeitet an der Schnittstelle von Technik und Bildung an der Entwicklung von Verfahren für Vermittlung, Kooperation, Partizipation und Weiterbildung in unterschiedlichen Kontexten: von transdisziplinärer Kooperation, dem Prozessmanagement über neue Methoden der Bürgerbeteiligung bis zur partizipativen Produktentwicklung.

Michael Reckordt

Michael Reckordt ist Diplom Geograph und arbeitet bei der Organisation PowerShift. PowerShift wurde im Jahr 2010 gegründet und arbeitet zu Handels- und Investitionspolitik, Rohstoffpolitik, Klima- und Energiepolitik sowie zur Mobilitätspolitik.

Michael Reckordt arbeitet seit 2013 für PowerShift als Koordinator des AK Rohstoffe. Zuvor war er fünf Jahre u.a. als Geschäftsführer im Philippinenbüro e.V. tätig. Dort hat er zu Auswirkungen von Bergbau in den Philippinen und zur deutschen Rohstoffpolitik gearbeitet. Seit 2008 hat er neben vielen Vorträgen, politischen Forderungspapieren, Hintergrundartikeln zu dem Thema sich mit Digitalisierung und deren Rohstoffbedarfen beschäftigt. Seit 2013 ist er u.a. Mitglied des Projektbeirats "Umweltfragen der Rohstoffpolitik" des Umweltbundesamtes.

Felix Sühlmann-Faul

Felix Sühlmann-Faul ist freier Techniksoziologe, Speaker und Autor mit Spezialisierung auf Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Er arbeitete drei Jahre in der Daimler Kundenforschung und leitete sechs Jahre Projekte am Institut für Transportation Design in Braunschweig. 2017 verfasste eine umfassende Studie zu den Nachhaltigkeitsdefiziten der Digitalisierung im Auftrag des WWF Deutschland und der Robert Bosch Stiftung. 2018 erschien sein Buch "Der blinde Fleck der Digitalisierung". Er promoviert aktuell über Digitalökonomie.

Anja Rietig, St.E.

Anja Rietig ist als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Physikalische Chemie der BTU Cottbus-Senftenberg, Institut für Angewandte Chemie tätig und Mitglied der Forschungsgruppe "Physikalische Chemie" um

Prof. Dr. Jörg Acker. Die Gruppe beschäftigt sich mit aktuellen Fragestellungen der Material- und Werkstoffchemie. Ein wesentlicher Schwerpunkt ist die Siliciumchemie mit grundlegenden Studien über die Mechanismen verschiedener Ätzprozesse, der gezielten Gestaltung der Oberflächen von Solarwafern. Einen zweiten Schwerpunkt bilden neue Verfahren zur Wiedergewinnung strategisch wichtiger und wertvoller Materialien aus Lithiumionen-Batterien, komplexen Werkstoffverbänden, Katalysatoren oder Leiterplattenschrott.

Herwig Fischer

Herwig Fischer hat an der RWTH Aachen Maschinenbau sowie Luft- und Raumfahrzeugbau studiert mit den Schwerpunkten Antriebstechnik und Verbund-Faserwerkstoffe. Seit 1976 ist er selbstständig im Bereich Engineering und Entwicklung innovativer Produkte. In diesen Jahren hat er ca. 300 Erfindungen mit über 150 Patenten erdacht und entwickelt aus den Bereichen Automotive, Luftfahrt, Antriebstechnik, erneuerbare Energien und dem Sportsektor. Im Unternehmen Innovative Dragon Ltd. ist er als technischer Leiter zuständig für die Planung, Konstruktion und technische Koordination aller Produkte.

Prof. Jan Vietze

Jan Vietze ist seit 2013 Professor für Industrial Design an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin an. Er studierte Produktdesign an der Kunsthochschule Berlin-Weißensee und arbeitete als Werkstudent in der Designabteilung der MAN Nutzfahrzeuge AG. Als Designer war er bei IFS Design in Berlin im Geschäftsfeld Public Transport-, Railway- und Industrial Design tätig. Neben internationalen Projekten im Bereich Schienenfahrzeuge war er für die Designentwicklung der neuen Straßenbahnen für die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) verantwortlich. Er erhielt zahlreiche Auszeichnungen und Designpreise.

Prof. Dr.-Ing. Ullrich Hoppe

Ullrich Hoppe ist seit 2012 Professor an der HTW Berlin. Er ist gelernter KFZ-Mechaniker und arbeitet als solcher neben seinem Studium der Fahrzeugtechnik an der TU Berlin. Wo er seit 2000 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik, Forschung und Lehre im Bereich Traktorfahrwerke, dort 2006 Promotion über Traktordynamik übernahm. Seit 2004 ist Ullrich Hoppe Dozent für Fahrdynamik an der HTW Berlin. 2008 erfolgte ein Wechsel in den Freudenberg-Konzern (Schwingungstechnik Velten). Zunächst in der Methodenentwicklung und Projektleitung, nach zwei Jahren Wechsel in die Innovations-

abteilung. Im Jahr 2012 erfolgte der Ruf als Professor für Maschinenbauinformatik an die HTW, vier Jahre später der Wechsel in die Fahrzeugtechnik. Ullrich Hoppe ist seit 1993 Wohnmobilstilist und so lange spukte ihm die Idee vom aufblasbaren Auto im Kopf herum. Im Juni 2016 initiierte er des Forschungsprojekt Dandelion – das aufblasbare Auto.

Prof. Dr.-Ing. Peter Marx

Peter Marx berät Unternehmen. Er studierte Elektrotechnik und Lichttechnik an der TU Berlin und war dort wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Lichttechnik bis er 1974 zum Doktor-Ingenieur promovierte. Bis 2004 war er als Hochschullehrer für das Lehrgebiet Elektronische Messtechnik im Fachbereich Elektrotechnik und Feinwerktechnik an der Beuth-Hochschule-Berlin tätig. 1991 wurde ihm der Berliner Umweltpreis für die Entwicklung von dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen verliehen. Er arbeitete als Sachverständiger für elektrische Messtechnik und Lichtmesstechnik. Ab 2001 entwickelte Peter Marx Straßenleuchten mit Ladestation für Elektrofahrzeuge in Kooperation mit der Selux AG und war dort bis 2011 stellvertretender Aufsichtsratsvorsitzender.

Dr. Gerhard Bolenz

Gerhard Bolenz ist Mitgründer der 3-5 Power Electronics GmbH. Er studierte Betriebswirtschaft und promovierte an der J. W. G. Universität in Frankfurt. Er ist CFO und Vorstand in verschiedenen Technologieunternehmen. Gerhard Bolenz ist seit der Gründung im Jahr 2015 der Geschäftsführer der 3-5 Power Electronics GmbH 2015.

Prof. Dr. Ing. Manfred Bornmann

Manfred Bornmann ist Mitgründer der 3-5 Power Electronics GmbH. Er ist gelernter Elektromonteur und Diplomingenieur für Konstruktion und Technologie der Feingerätetechnik. Sein beruflicher Werdegang führte ihn als Abteilungsleiter im Bereich Messgeräteentwick-

lung zum Funkwerk Erfurt und später als wissenschaftlicher Assistent an die TH Ilmenau. 1980 promovierte er zum Dr. Ing. an der TU Dresden, wurde danach Leiter der Arbeitsvorbereitung bei Robotron Radeberg und 1988 Direktor des Designprojekt Atelier Dresden. In der 3-5 Power Electronics GmbH ist Manfred Bornmann verantwortlich für das Marketing.

Dr. Volker Dudek

Volker Dudek ist Mitgründer der 3-5 Power Electronics GmbH. Er studierte Physik an der TH Darmstadt und promovierte als Elektroingenieur an der Universität Stuttgart. Er war Leiter der Technologieentwicklung in den Halbleiterunternehmen ATMEL und Telefunken Semiconductors. Bis 2016 war Volker Dudek Beiratsmitglied am IHP Frankfurt/Oder. Volker Dudek ist Mitbegründer des 2015 gegründeten Unternehmens 3-5 Power Electronic GmbH und verantwortet dort seit dem die Technologie- und Produktentwicklung.

Christine Schmidt, Dipl. Ing.

Christine Schmidt ist seit 2014 im Institut für Betriebliche Bildungsforschung Projektleiterin von F&E- sowie Modellprojekten zur Elektromobilität und Digitalisierung. Sie arbeitet außerdem an Themen zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung u.a. im Rahmen von internationalen Projekten. Zuvor organisierte sie internationale Managertrainings und leitete Weiterbildungen zu betrieblichem Umweltmanagement. Als freiberufliche Projektentwicklerin gestaltete sie bis 2013 Bildungsprojekte wie „Life Cycle Education“ mit Partnern wie dem Fraunhofer Institut für Mikrointegration und Zuverlässigkeit IZM. Sie ist Diplomingenieurin für Abfallwirtschaft und Diplom-Agraringenieurin. Seit Juni 2018 ist sie Vorstandsvorsitzende der Vereinigung für Betriebliche Bildungsforschung e.V..

Herausgeber



Vereinigung für Betriebliche Bildungsforschung e.V.

Institut für Betriebliche Bildungsforschung
Gubener Straße 47
10243 Berlin

www.ibbf.berlin

© 2019 IBBF

Redaktion

Jean-Henri Huttarsch
Dr. Erik Malchow
Christine Schmidt

Gestaltung und Satz

Toni Beschorner
Servus Grafik

Alle Rechte vorbehalten. Jegliche Nutzung
in allen Medien bedarf der vorherigen
Zustimmung durch den Herausgeber.

ISBN: 978-3-9816861-7-3

Förderung

Die Senatsverwaltung für Integration, Arbeit und Soziales des Landes Berlin hat diese Veröffentlichung im Rahmen des Modellprojektes „DigiKomp - Digitale Kompetenzen für die Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende“ gefördert.