

WORKING PAPER FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Nummer 014, Juni 2016

Monitoring Innovations- und Technologiepolitik

Norbert Malanowski, Gerd Bachmann, Leif Brand,
Markus Dicks, Andreas Ratajczak

Die Autoren

Ansprechpartner:

Dr. Norbert Malanowski ist Senior Berater Innovationspolitik – Innovationsstrategien, Internationalisierung bei der VDI Technologiezentrum GmbH in Düsseldorf.

Kontakt: malanowski@vdi.de

Dr. Gerd Bachmann, Dr. Leif Brand, Dr. Markus Dicks und Dr. Andreas Ratajczak sind ebenfalls als Senior Berater in der VDI Technologiezentrum GmbH tätig.

Die Autoren bedanken sich sehr herzlich bei den Expertinnen und Experten aus Gewerkschaften, Wirtschaft und Wissenschaft, die am 27. Januar 2016 am Workshop zur Diskussion der Themenskizzen teilgenommen haben.

ISSN 2509-2359

© 2016 Hans-Böckler-Stiftung

Hans-Böckler-Straße 39, 40476 Düsseldorf

www.boeckler.de

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Inhaltsverzeichnis

Einführung	4
„Sehr dringlich“	8
Autonomes Fahren – Hände weg vom Steuer	9
Big Data – Für eine bessere Patientenversorgung und ein vielfältigeres Gesundheitssystem	13
Energiespeicherung und Energiewandlung	16
Batterien fürs Haus – Stromautarkie im Eigenheim	17
Innovative Batteriesysteme für die Elektromobilität – Emissionsfrei in die Zukunft.....	20
Stationäre Brennstoffzellen – Strom und Wärme für Zuhause	24
Brennstoffzellenantrieb – Emissionsfreie Mobilität mit Wasserstoff.....	27
„Power-to-Gas“ – Frischer Wind ins Erdgasnetz	30
Innovative Sensorsysteme für ein sinnvolles Patientenmonitoring.....	33
Revolution in der Biotechnologie: Das CRISPR-System	36
„Dringlich“	39
Maßgeschneidert, schnell und für eine verbesserte medizinische Versorgung:	
3D-Druck in der Medizin	40
„Weiter intensiv beobachten“	43
Theranostik – Gesundheitsvorsorge durch Kombination von Diagnostik und Therapie	44
„Querschnittsthema“	47
„Lernfabriken“ zur Kompetenzerweiterung der Beschäftigten für den Umgang mit neuen Werkstoffen.....	48
„Weiter beobachten“	51
Das Supermaterial der Zukunft: Graphen	52
Innovationssprung bei Sonnenenergie: Perowskit-Materialsysteme.....	55
Maker und FabLabs – Neue Impulse für Innovation und die Umweltwirtschaft.....	58
Metallische Gläser – Stahlhart und doch formbar.....	61
Mit kalten Plasmen Wunden desinfizieren und heilen.....	64
Neue funktionale Oberflächen durch intelligentes Schichtdesign.....	67
Selbsteheilende Materialien reparieren sich selbst	70
Werkstoffe mit guter Perspektive: Biokunststoffe	73
Anhang	76
Ergebnis: Expertenbewertung nach Relevanz „Spitzengruppe“	76
Ergebnis: Expertenbewertung nach Relevanz „Mittelgruppe“	77
Ergebnis: Expertenbewertung nach Relevanz „Untere Gruppe“	78

Einführung

Ausgangslage

Diverse große Unternehmen tun es genauso wie einige Ministerien oder die Europäische Kommission: Sie betreiben entweder selber ein systematisches Monitoring bezüglich zukünftiger Innovations- und Technologiethemen oder lassen es in ihrem Auftrag durchführen.¹ Für Arbeitnehmerakteure, wie Gewerkschaften und Betriebsräte, ist dies eher noch Neuland. Nicht selten fällt bei der Einführung von Innovationen und neuen Technologien den Mitbestimmungsakteuren eine passive oder reaktive Rolle zu. Es gilt dann unter hohem Aufwand die negativen Folgen für die Beschäftigten möglichst gering zu halten. „Megatrends“ wie die Globalisierung und die Ausweitung von internationalen Wertschöpfungsketten, die zunehmende Digitalisierung aller Wirtschafts- und Lebensbereiche, neue Anforderungen an die Erbringung von Dienstleistungen und vieles mehr haben dazu geführt, dass sich Innovationszyklen und der technologische Wandel beschleunigt haben. Um Wertschöpfung, sichere Arbeitsplätze und gute Arbeitsbedingungen zu sichern, erhalten Innovationen und die Einführung neuer Technologien in Unternehmen und Betrieben eine zunehmende Bedeutung.

Die Rolle, die Gewerkschaften und Betriebsräte dabei einnehmen, ist sehr komplex. Die Auswirkungen von Innovationen und neuen Technologien auf Arbeitsplätze und die Arbeitsbedingungen müssen bewertet werden, und Einführungsprozesse sind so zu gestalten, dass keine oder möglichst wenige negative Auswirkungen für die Beschäftigten auftreten. In einer proaktiven Rolle werden Betriebsräte immer stärker zum Treiber von Innovationen auf betrieblicher Ebene. Für Gewerkschaften und ihre Vertreterinnen und Vertreter besteht darüber hinaus die besondere Herausforderung sich in innovations- und technologiepolitische Strategieprozesse einzubringen, wie sie im Rahmen umfassender Dialoge zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik stattfinden (z.B. die neue „High-Tech-Strategie“ der Bundesregierung oder im Rahmen von EU-Initiativen (z.B. „Europa 2020“). Auf all diesen Ebenen werden sich Arbeitnehmerakteure zukünftig systematisch einbringen müssen, damit die Prozesse mitbestimmt und im Sinne der Beschäftigten gestaltet werden.

Ziele

Angesichts der hier skizzierten Entwicklungen hat die Hans-Böckler-Stiftung das VDI Technologiezentrum im Rahmen eines Pilotprojektes damit beauftragt, frühzeitig und systematisch zukünftige innovations- und technologiepolitische Themen zu identifizieren, die für Arbeitnehmerakteure von drängender Bedeutung werden können. Mit den Ergebnissen des Pilotprojektes möchte die Hans-Böckler-Stiftung die Mitbestimmungsakteure zukünftig besser unterstützen, damit diese sich rechtzeitig in innovations- und technologiepolitische Diskurse oder betriebliche Gestaltungsprozesse aktiv einbringen können.

Der Nutzen des Pilotprojektes und seiner Ergebnisse für Mitbestimmungsakteure liegt kurz zusammengefasst vor allem darin, dass

- innovations- und technologiepolitisch relevante Schwerpunkte frühzeitig für den Arbeitnehmerkontext aufbereitet werden.

¹ Siehe zum Beispiel <http://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future.html>, <http://www.cepin.eu/aktualne/Lists/Aktuality/Attachments/39/02.%20Kn%C3%A4blein.pdf>; <https://www.bmbf.de/de/mit-foresight-in-die-zukunft-schauen-930.html>; <http://www.foresight-platform.eu/>

- die als zentral identifizierten Innovations- und Technologiethemen in Form von übersichtlichen Themenskizzen zur Verfügung stehen.
- Arbeitnehmerakteure frühzeitig Orientierungswissen zur Verfügung gestellt kommen, um sich pro-aktiv in innovations- und technologiepolitisch relevante Themen in ihren Sektoren und Unternehmen sowie Politikprozesse einzubringen.

Thematische Schwerpunkte

Als Schwerpunkte für die Identifizierung von Innovations- und Technologiefeldern wurden ausgewählt:

- Gesundheitswirtschaft
- Umwelt- und Energiewirtschaft
- Neue Werkstoffe

Diese Schwerpunkte gelten als zukunftsweisend und sind z.B. Teil von „Horizont 2020“, dem neuen Rahmenprogramm für Forschung und Innovation auf europäischer Ebene, und der neuen Hightech-Strategie der Bundesregierung. Ferner finden sie sich diese Schwerpunkte in diversen innovationspolitischen Strategien anderer Weltregionen (u.a. Nordamerika und Südostasien). Darüber hinaus haben diese Felder als Zukunftsindustrien und -märkte einen erheblichen zukünftigen Stellenwert für Beschäftigte und ihre Interessenvertretungen. So gilt z.B. die Gesundheitswirtschaft als eine der größten Branchen der deutschen (und internationalen) Wirtschaft und als ein Wachstums- und Beschäftigungstreiber. Eine besonders wichtige Rolle spielen dabei Innovationen. Die Medizintechnik und die Pharma- und Biotechnologie verzeichnen jährlich wachsende Umsätze, zum großen Teil mit neuen Produkten. Die Umwelt- und Energiewirtschaft erlebt ebenfalls einen enormen Aufschwung. Mittlerweile gehören beispielsweise die umweltfreundliche Mobilität und intelligente Energiesysteme zu den zukunftssträchtigen globalen Leitmärkten. Und auch die Neuen Werkstoffe bilden einen internationalen Wachstumsmarkt. Neue Werkstoffe sind ein entscheidender Innovationstreiber für fast alle Lebens- und Technikbereiche.

Vorgehensweise

Im Rahmen des Pilotprojektes wurden Konzepte und Instrumente genutzt, die bereits in der betrieblichen und politischen Praxis zur frühzeitigen Identifikation neuer innovations- und technologiepolitischer Themen eingesetzt werden und sich bewährt haben. Solche Konzepte und Instrumente sind z.B. „Dynamik von Innovationssystemen“, „Issues Management“, „Technology and Business Scouting“ oder „Monitoring in der Innovations- und Technikanalyse“.²

Für die vom Projektteam identifizierten 20 Themen wurden kurze übersichtliche Themenskizzen ausgearbeitet. In allen Themenskizzen finden sich vier Punkte, die behandelt werden:

2 Zum Beispiel: Kuhn, T. et al. (2003) Chefsache Issues Management. Ein Instrument zur strategischen Unternehmensführung. Grundlagen, Praxis, Trends, Frankfurt a. M.; Malanowski, N. (2013) : Monitoring in der Innovations- und Technikanalyse. Konzept und Nutzen in der Praxis, in: Wissenschaftsmanagement – Zeitschrift für Innovation, Heft 1/2013; Malanowski, N./Albertshausen, U.: (2004): Innovations- und Technikanalyse im Management, Frankfurt a. M.; Deckert, C. (2014): Innovation Scouting - Auf der Suche nach der radikalen Innovation, Working Paper, Cologne Business School; Rohrbeck, R. (2007): Technology Scouting – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories, MPRA Paper No. 5699; Blättel.Mink, B./Ebner, A. (Hg.) (2009): Innovationssysteme – Technologie, Institutionen und die Dynamik der Wettbewerbsfähigkeit, Wiesbaden; Roper, T./Porter, A. et al (2011): Forecasting and Management of Technology, Wiley, New Jersey.

- Worum geht es bei dem innovations- und technologiepolitischen Thema?
- Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?
- Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?
- Thesen/vorläufiges Fazit

Die 20 Themenskizzen wurden in einem Expertenworkshop im Januar 2016 diskutiert, an dem Expertinnen und Experten aus Gewerkschaften, Wirtschaft und Wissenschaft teilnahmen. Bei der Auswahl der Expertinnen und Experten wurde besonderer Wert darauf gelegt, sogenannte Generalisten und jeweils Fachleute für die Themenfelder Gesundheitswirtschaft, Umwelt- und Energiewirtschaft sowie Neue Werkstoffe zu gewinnen, die inhaltliche und ergänzende Aussagen zu den Themenskizzen machen konnten. Um ein erstes Feedback von den Expertinnen und Experten zu erhalten, hatten die Experten die Aufgabe, die Themenskizzen nach Relevanz hinsichtlich zweier Kriterien (Kriterium 1: Sicherung/Ausbau Standort Deutschland [quantitativ und qualitativ]; Kriterium 2: Sicherung/Ausbau von Beschäftigung in Deutschland [quantitativ und qualitativ]) auf einer Skala von 1 (weniger wichtig) bis 3 (sehr wichtig) zu bewerten. Das Ergebnis wurde dann aggregiert und in Form einer „Bundesligatabelle“ nach Höhe der Punktzahl dargestellt.³ Dieses Ergebnis konnte als Impuls für eine ergiebige Diskussion im Workshop genutzt werden.

Eine Übersicht zum systematischen Vorgehen im Pilotprojekt bietet das folgende Schaubild

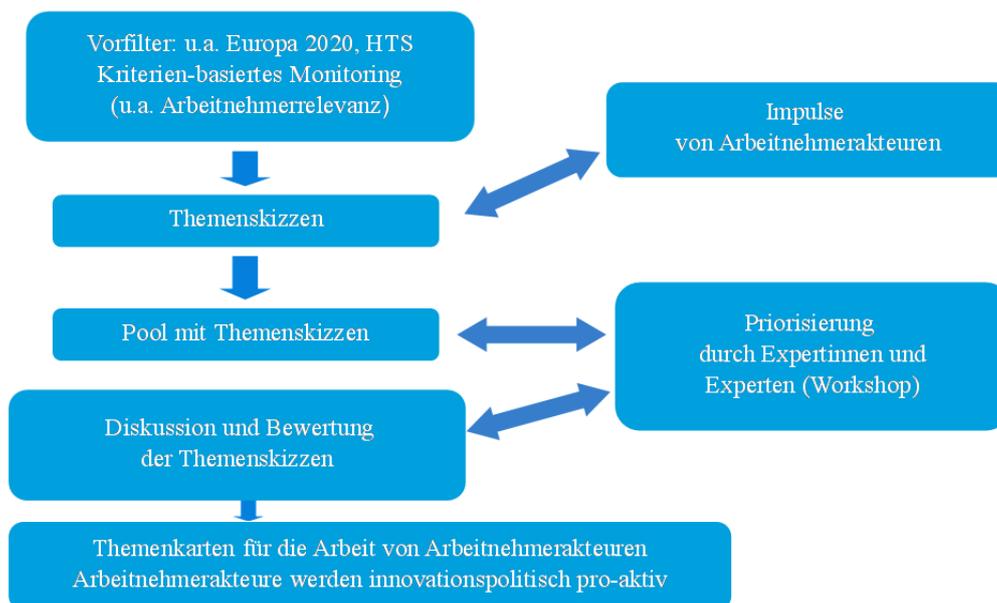


Schaubild 1: Identifikation und Auswahl der innovations- und technologiepolitischen Themen

Die Grundidee des Expertenworkshops war – nach dieser „Vorbewertung“, die als Impulsgeber diente – die Themenskizzen über die Diskussion im Kreise von Generalisten und Fachleuten aus Gewerkschaften, Wirtschaft und Wissenschaft zu konsolidieren und diese schließlich nach ihrer Dringlichkeit für Arbeitnehmerakteure zu bewerten. Die Kriterien bei der Bewertung nach „Dringlichkeit“ waren

³ Das Ergebnis findet sich in der Anlage des vorliegenden Berichts.

„Disruptives Potenzial in der Anwendung“, „Zeitlicher Horizont“ und „Gesellschaftliche Relevanz, Lebensqualität“.

Als „Sehr dringlich“ wurden folgende Themen bewertet:

- Autonomes Fahren – Hände weg vom Steuer
- Big Data – Für eine bessere Patientenversorgung und ein vielfältigeres Gesundheitssystem
- Energiespeicherung und Energiewandlung (Batterien fürs Haus – Stromautarkie im Eigenheim, Innovative Batteriesysteme für die Elektromobilität, Stationäre Brennstoffzellen – Strom und Wärme für Zuhause, Brennstoffzellenantrieb – Emissionsfreie Mobilität mit Wasserstoff, „Power-to-Gas“ – Frischer Wind ins Erdgasnetz)
- Innovative Sensorsysteme für ein sinnvolles Patientenmonitoring
- Revolution in der Biotechnologie: Das CRISPR-System

Als „Dringlich“ wurde das folgende Thema eingestuft

- 3D-Druck (Medizin u.a.)

Als „Weiter intensiv beobachten“ wurde das folgende Thema bewertet:

- Theranostik – Gesundheitsvorsorge durch Kombination von Diagnostik und Therapie

Ferner haben sich die Expertinnen und Experten, die am Workshop teilnahmen, dafür ausgesprochen das Thema „Lernfabriken zur Kompetenzerweiterung der Beschäftigten“ als notwendiges Querschnittsthema für alle im Workshop diskutierten Themen zu betrachten.

Alle weiteren Themen, die nicht in die oben aufgeführte Auswahl gekommen sind, sollen im Rahmen eines sogenannten Themenspeichers unter „Weiter beobachten“ laufen.⁴ Diese sind:

- Das Supermaterial der Zukunft: Graphen
- Innovationssprung bei Sonnenenergie: Perowskit-Materialsysteme
- Maker und FabLabs – Neue Impulse für Innovation und die Umweltwirtschaft
- Metallische Gläser – Stahlhart und doch formbar
- Mit kalten Plasmen Wunden desinfizieren und heilen (Hygiene im Gesundheitssystem)
- Neue funktionale Oberflächen durch intelligentes Schichtdesign
- Selbstheilende Materialien reparieren sich selbst
- Werkstoffe mit guter Perspektive: Biokunststoffe

Nutzen des Ergebnisberichts

Der vorliegende Bericht dient dazu, die Ergebnisse des Pilotprojektes „Monitoring Innovations- und Technologiepolitik“ zu dokumentieren und durch diese Ergebnisse eine Sensibilisierung für die aufgeworfenen Themen und Fragen bei Arbeitnehmerakteuren sowie interessierten Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft zu erreichen. Dies wird in weiteren Arbeitsphasen mit sich bringen, dass ausgewählte innovations- und technologiepolitische Themen vertieft zu beobachten und zu bearbeiten sind, um einen noch tieferen oder auch einen breiteren Einblick zu erhalten.

4 Im Workshop haben die Expertinnen und Experten zudem angeregt, dass zukünftig folgende Themen beobachtet werden sollten: „Human-on-a-Chip“, „Hygiene im Gesundheitswesen“, „Neue Entwicklungen bei Umwelttechnologien“ und „Ressourceneffizienz als Innovationstreiber“.

Themen

„Sehr dringlich“



Autonomes Fahren – Hände weg vom Steuer

Worum geht es?

Autonomes Fahren bezeichnet die Bewegung von Fahrzeugen bzw. Transportsystemen, die weitgehend selbständig agieren. Der Begriff der „Autonomie“ schließt Fernsteuerung aus und definiert sich nach einem 2014 von SAE International (einer globalen Vereinigung von Technikfachleuten aus Luftfahrt, Automobil- und Nutzfahrzeugbranchen) erstellten sechsstufigem System,⁵ das von „Null-Automation“ bis zu „völliger Autonomie“ reicht. Über das Stufenschema sind aktive bzw. korrigierende Eingriffe des Menschen immer weniger erforderlich. In der höchsten Stufe müssen die Fahrzeuge kein Lenkrad mehr besitzen und können sich komplett fahrerlos bewegen.

Autonome Fahrzeuge sind in manchen Bereichen bereits weit fortgeschritten und befinden sich im kommerziellen Einsatz. Anwendungen finden sich in der Intralogistik, wo fahrerlose Transportsysteme in Warenlagern auf dem Vormarsch sind. Derzeit sind menschliche Überwachung und Assistenz noch erforderlich, aber an vollautomatisiert betriebenen Lagerhäusern wird intensiv gearbeitet.⁶ Auch anderweitig sind Transportfahrzeuge, die ohne Fahrer auskommen, in der Industrie bereits verbreitet. Weitere Beispiele finden sich im ÖPNV. So werden etwa Verbindungsbahnen zwischen Flughafen terminals⁷ oder bestimmte U-Bahnen⁸ mit autonom fahrenden Zügen betrieben. Auch die Deutsche Bahn hat das Thema im Blick und erprobt autonome Züge in verschiedenen Demonstrationsprojekten. Ziel ist es, fahrerlose Züge einzusetzen, noch bevor fahrerlose Automobile sich im Straßenverkehr etablieren.⁹

Stärker und öffentlichkeitswirksamer assoziiert wird das Thema „Autonomes Fahren“ jedoch mit dem Automobilsektor. Zahlreiche Unternehmen wie z.B. Mercedes, Audi, Volvo oder Bosch haben Prototypen vorgestellt. Stark engagiert sind zudem Unternehmen der Informationstechnologie wie Google¹⁰ Microsoft oder Apple. Autonomes Fahren – insbesondere im Straßenverkehr – entwickelt sich evolutionär aus immer ausgefeilteren Fahrerassistenzsystemen. Dennoch stellt es einen Paradigmenwechsel dar: menschliches Agieren wird zunehmend von technischen Systemen übernommen werden, die Fahrentscheidungen treffen.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Die Herausforderungen beim autonomen Fahren, vor allem im Bereich des Individualverkehrs sind vielschichtig. Sie umfassen technologische, ökonomische aber auch ethische und rechtliche Aspekte.

Technologisch werden immer größere Fortschritte erzielt. Schon vor etwa einem Jahrzehnt wurden Wettbewerbe wie etwa die „DARPA Grand Challenge“ des US-Verteidigungsministeriums ins Leben gerufen, mit denen die Entwicklung autonomer Landfahrzeuge vorangetrieben werden sollte, und bei

-
- 5 vgl. SAE-Standard J3016 „Automated Driving“ (URL: http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf; abgerufen am 14.12.2015)
 - 6 Köhn, R.; „Autonomes Fahren – Ferngesteuerte Gabelstapler“; FAZ-online, 2.12.2015 (URL: <http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/fahrerlose-transportsysteme-halten-in-logistikzentren-einzug-13939464.html> ; abgerufen am 7.12.2015)
 - 7 vgl. z.B. Schwebbahn am Düsseldorfer Flughafen
 - 8 vgl. z.B. Linie 3 U-Bahn Nürnberg (seit 2008 fahrerlos)
 - 9 Schlesinger, C.; „Deutsche Bahn testet Loks ohne Führer“; Wirtschaftswoche, 4.11.2015 (URL: <http://www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/autonom-fahrende-zuege-deutsche-bahn-testet-loks-ohne-fuehrer/12542272.html>; abgerufen am 7.12.2015)
 - 10 vgl. Projekt „Google Driverless Car“

denen neben Universitäten und Technologieunternehmen auch deutsche Automobilhersteller erfolgreich teilnahmen. Daneben führen zahlreiche weitere Institutionen Wettbewerbe mit Fahrzeugen durch, die vorgegebene Strecken autonom abfahren bzw. sich durch den Straßenverkehr bewegen.

Besonders erfolgreich ist derzeit Google, das bereits seit längerem an autonomen Automobilen arbeitet. Prototypische Elektro-Testfahrzeuge ohne Lenkrad, Bremse und Gaspedal haben inzwischen etwa 1,5 Millionen Kilometer zurückgelegt und waren dabei in elf Unfälle ohne Personenschaden verwickelt.¹¹ Aber auch klassische Automobilunternehmen werden immer erfolgreicher. So stellte z.B. Audi Anfang 2015 die ersten seriennahen autonomen Fahrzeuge auf der Elektronikmesse CES in Las Vegas vor. Sie führen ohne menschlichen Eingriff mehrere hundert Kilometer auf Straßen durch die Wüste von Nevada.¹² Bereits 2013 fuhr eine Mercedes S-Klasse fast ohne menschliche Eingriffe die Strecke von Mannheim nach Pforzheim autonom.¹³

Ökonomisch bieten sich durch Autonomes Fahren erhebliche Potenziale, insbesondere für den Standort Deutschland mit seiner umfangreichen Automobilbranche. Eine aktuelle Studie des Fraunhofer IAO erwartet durch automatisiertes Fahren für 2020 hierzulande eine Wertschöpfung von 2,3 Milliarden Euro, bis 2025 sogar 8,8 Milliarden Euro.¹⁴ Diese Wertschöpfung soll mit der Schaffung von etwa 120.000 Arbeitsplätzen einhergehen, wobei die Hälfte auf den Softwarebereich (Algorithmenentwicklung, Datenanalyse etc.) entfallen soll. Generell werden der Umgang mit Daten und deren Sicherheit eine zentrale Rolle spielen. Herausforderungen werden vor allem in einem massiven Wettbewerbsdruck gesehen, der sich nicht nur aus der Automobilwirtschaft ergibt, sondern insbesondere durch das Engagement großer IT-Unternehmen, die als neue internationale Wettbewerber auftreten und den Konkurrenzdruck auf den Automobilstandort Deutschland erhöhen.

Ethische Fragen ergeben sich insbesondere hinsichtlich des Verhaltens bei Unfällen mit Personenschäden. Ein Beispiel: Ein menschlicher Fahrer weicht einer Person, die unvermittelt auf die Straße läuft, aus und gefährdet gerade durch dieses Ausweichmanöver andere Personen, z.B. solche auf dem Bürgersteig. Mit welchen Vorgaben für solche Fälle sollte ein technisches System programmiert werden? Wer trifft solche Entscheidungen? Kann es eine „Aufrechnung von Menschenleben“ geben, insbesondere in Situationen, in denen der Bordrechner Schäden nicht mehr vermeiden kann, sondern diese gewichten muss?¹⁵ Kann eine Maschine solche und ähnliche Situationen richtig bewerten? Je weiter sich Autonomes Fahren verbreitet, desto relevanter werden solche Fragestellungen und desto dringlicher wird ein gesellschaftlicher Diskurs hierüber.

Rechtliche Fragen leiten sich aus den ethischen Aspekten sowie unmittelbar aus der heute gängigen Rechtspraxis ab, die immer natürliche Personen in der Situationsverantwortung sieht, und dem Fahr-

-
- 11 Stuflesser, W.; „Selbstfahrendes Google-Auto Unfall - auch ohne Fahrer möglich“; tagesschau.de, Meldung 12. 5. 2015 (URL: <http://www.tagesschau.de/wirtschaft/google-auto-unfaelle-101.html>; abgerufen am 12. 12. 2015)
 - 12 Meyer, B.; Welcome to Las Vegas; Audi-Blog, 6.1.2015 (URL: <http://blog.audi.de/2015/01/06/welcom-to-las-vegas/>; abgerufen am 14.12.2015)
 - 13 Grünweg, T.; „Selbststeuernder Wagen: Ausfahrt mit Autopilot“; Der Spiegel, 9.9.2013
 - 14 Cacilo, A. et al.; „Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen“; Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi); 18.11.2015
 - 15 Hevelke, A., Nida-Rümelin, J.; „Selbstfahrende Autos und Trolley-Probleme: Zum Aufrechnen von Menschenleben im Falle unausweichlicher Unfälle.“ Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik, 19(1), S. 5-24. (2015)

zeugführer die dauernde Fahrzeugbeherrschung vorschreibt.¹⁶ Durch die Geschwindigkeitsvorteile technischer Systeme in der Erfassung der Umgebungsbedingungen, kann Autonomes Fahren die Zahl der Verkehrsunfälle zwar mindern, jedoch nicht gänzlich verhindern. Wer jedoch bei Unfällen juristisch verantwortlich ist, wenn ein Fahrzeug komplett von einer Maschine gesteuert wird ist derzeit unklar. Hier besteht rechtlicher und politischer Handlungsbedarf. Um diese Grauzone aufzuhellen, gehen erste Automobilhersteller wie z.B. Volvo dazu über, die Haftung für selbstfahrende KFZ komplett selbst zu übernehmen.¹⁷

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Automatisiertes Fahren wird mit hoher Innovationsgeschwindigkeit weiterentwickelt. Laut Verband der Automobilindustrie werden deutsche Hersteller und Zulieferer in den kommenden Jahren 16 bis 18 Milliarden Euro in die entsprechende Forschung investieren. Tausende Ingenieure arbeiten in diesen Bereichen. Mit weiteren Fortschritten ist zu rechnen. Der Konkurrenzdruck ist durch den Eintritt großer IT-Unternehmen jedoch hoch. Deutsche Automobilhersteller arbeiten trotz aller Konkurrenz verstärkt zusammen, wie der milliardenschwere Kauf des Nokia-Kartendienstes durch Mercedes, Audi und BMW belegt. Solche Kooperationen zum langfristigen Erhalt des Beschäftigungsstandortes Deutschland und der Automobilbranche liegen insbesondere auch im Interesse von Arbeitnehmerakteuren. Bei der IG Metall hat sich eine Arbeitsgruppe aus Betriebsräten und externe Experten formiert, die sich der digitalen Revolution im Automobilbereich annimmt, um Innovationen im Sinne der Beschäftigten voranzutreiben und frühzeitig mitgestalten zu können.¹⁸ Eine offene Frage ist gegenwärtig, ob der gesteckte Rahmen ggf. zu weit gesteckt ist, und ob eine spezifischere Fokussierung auf Autonomes Fahren sinnvoller sein kann. Zum einen sind Arbeitnehmer großer Automobilunternehmen mittelständischer Zulieferer und zunehmend von Softwarefirmen in ihrer Arbeit betroffen.¹⁹ Zum anderen sind es die Beschäftigten im örtlichen Automobilgewerbe (Werkstätten, Autohäuser, Prüfdienste etc.), das durch KMU geprägt ist. Für alle diese Bereiche ist ein erheblicher Weiterbildungsbedarf zu erwarten.

16 Internationales Wiener Übereinkommen über Straßenverkehr (1968), Artikel 8 (5)

17 Autonomes Fahren: Volvo übernimmt Haftung bei selbstfahrenden Autos; SPIEGEL-Online, Meldung, 8.10.2015

18 „Unterwegs in eine neue Dimension“; IG Metall, 21.9.2015 (URL: <https://www.igmetall.de/automobilindustrie-digitalisierung-17164.htm>; abgerufen am 15.12.2015)

19 „Apple, Google, Microsoft gegen BMW, Daimler, VW & Co: Wer baut das Auto der Zukunft?“; IG Metall, 21.9.2015 (URL: <http://www.itk-igmetall.de/itk-sektor.html?nid=1336&q=&a=>; abgerufen am 15.12.2015)

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Rasante Entwicklungsfortschritte in den letzten Jahren • Zahlreiche Förderprogramme; umfangreiche Forschungstätigkeiten in der Automobilwirtschaft und seitens IT-Unternehmen • Neue Wettbewerber im Automobilbereich insbes. durch US-IT-Konzerne • Große wirtschaftliche Potenziale werden erwartet • Herausforderungen durch rechtliche Unklarheiten
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Erwartet wird eine Zunahme der Beschäftigung vor allem in höher qualifizierten Bereichen • Neue bzw. erweiterte Qualifikationen sind erforderlich
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Nein, kontinuierliche Weiterentwicklungen z.B. aus Assistenzsystemen
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Stellung des Automobilstandortes Deutschland aber: neue, vor allem amerikanische Wettbewerber aus dem IT-Bereich, verschärfte Konkurrenzsituation absehbar • Echte Markteinführungen derzeit nur seitens ostasiatischer Hersteller

Big Data – Für eine bessere Patientenversorgung und ein vielfältigeres Gesundheitssystem

Worum geht es?

Big Data hat nach einer aktuellen OECD-Studie ein großes Potenzial für eine verbesserte Patientenversorgung und Stärkung des jeweiligen nationalen Gesundheitssystems. Der Umgang mit diesen Daten ist international bisher jedoch uneinheitlich.²⁰ Als Big Data werden in der Regel Datenmengen bezeichnet, die zu groß oder zu komplex sind oder sich zu schnell ändern, um sie mit manuellen und klassischen Methoden der Datenverarbeitung auszuwerten. Meist sind mit dem Begriff Big Data heute auch die Technologien und Anwendungen („Tools“) verbunden, die mittlerweile zum Sammeln und Auswerten riesiger Datenmengen verwendet werden. Das Zusammenführen und Auswerten von diversen Gesundheitsdaten (z.B. Omics-Daten,²¹ Klinische Daten, Befunde, Röntgenbilder, wissenschaftliche Publikationen oder Forschungsdaten) mit der Absicht bessere Diagnosen und Therapien zu entwickeln, ist ein erklärtes Ziel vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen seiner Förderung der Medizininformatik.²² Das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) hat dieses Ziel gegenwärtig jedoch nicht formuliert; ein zentraler Grund dafür liegt darin, dass die Hoheit über diese Art von Daten zurzeit sehr heterogen ist,²³ d.h. es gibt bisher keinen zentralen Zugriff auf diese Daten, und es gibt deutliche Vorbehalte wegen des Datenschutzes (Stichwort „Gläserner Patient“). Zudem stehen die relevanten Bundesministerien für strenge datenschutzrechtliche Standards und Rahmenbedingungen ein, zum Beispiel hinsichtlich des Erfordernisses einer Einwilligung der Patientinnen und Patienten.²⁴

Amerikanische IT-Unternehmen wie Google und Apple sind bereits starke Treiber der aktuellen Entwicklungen im Bereich Big Data für den Gesundheitsbereich²⁵ und stehen zunehmend im Wettbewerb mit Wissenschaft, Pharmazie- und Medizintechnikunternehmen in Deutschland und Europa. Die vielfältigen Aktivitäten dieser und anderer Unternehmen aus den USA (mitunter wird schon von der Silicon-Valley-Gesundheitsökonomie gesprochen²⁶) lassen zahlreiche und tiefgreifende Veränderungen im Gesundheitsbereich erwarten. Apple hat z.B. das erklärte Ziel, die elektronische Patientenakte auf das Smartphone zu bringen. In Deutschland wird die etablierte Gesundheitskarte (eGK) ihre Potenziale vermutlich eher nicht ausschöpfen können. Hier hinkt offenbar das neue E-Health-Gesetz der Bundesregierung hinter der technischen Entwicklung her.²⁷ Beispielsweise sieht die gesetzliche Krankenkasse Techniker Krankenkasse (TK) das E-Health-Gesetz einerseits als Chance, die Versorgung effizienter und sicherer zu gestalten und die zur Verfügung stehenden Daten zum Nutzen der Patienten besser zu

20 OECD (2015): Health Data Governance, Paris

21 Mittels der sogenannten Omics-Technologien können unterschiedliche Biomoleküle, z.B. DNA, RNA, Proteine oder Metabolite, in Lebewesen nahezu vollständig erfasst und analysiert werden, vgl. Leopoldina, 2014: Lebenswissenschaften im Umbruch, Berlin

22 <https://www.bmbf.de/de/datenschaetze-heben-patientenversorgung-verbessern-1724.html>

23 Aufgrund der Strukturen in der Selbstverwaltung wird das vermutlich auch so bleiben. Zum Teil gibt es auch urheberrechtliche Fragen, z.B. wer das Eigentum an einem Röntgenbild hat. In der Regel ist das die Arztpraxis und nicht der Patient oder die Krankenkasse. Die Initiative, die Daten zusammenzuführen, müsste demnach eher von den Kassen ausgehen. Vgl. unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/C-D/dokumentation-4-gesundheitswirtschaftskonferenz,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

24 Quelle siehe Fußnote 4

25 <http://www.theverge.com/2014/7/22/5923849/how-apple-and-google-plan-to-reinvent-healthcare>

26 Siehe z.B. unter <http://www.reuters.com/article/startup-health-idUSL2N0QQ31320140820#hi7soSIwfDsyrY1y.97>

27 <http://www.bmg.bund.de/ministerium/meldungen/2015/e-health.html>

verknüpfen. Andererseits – so die Sicht der TK – dürften der Umgang mit sensiblen Gesundheitsdaten und Datensicherheit nicht als Totschlagargument verwendet werden und notwendigen Entwicklungen im Wege stehen.²⁸ Die private Generali Krankenversicherung plant bereits, Fitness- und Gesundheitsdaten seiner Kunden zu sammeln und als Grundlage für sein Belohnungssystem für die Kunden zu nutzen.²⁹

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Es sind nicht nur die o.g. amerikanischen IT-Unternehmen Treiber in diesem Themenfeld. Die öffentlich geförderte National Science Foundation in den USA hat z.B. einige vielbeachtete Forschungsstudien zu Big Data im Bereich Gesundheit angestoßen.³⁰ Der nationale britische Gesundheitsdienst NHS versucht u.a. gegenwärtig ein sehr großes Big Data-Projekt namens Care.data zu etablieren. Die Gesundheitsdaten möglichst vieler britischer Patienten sollen in Zukunft in einer zentralen Datenbank gespeichert werden. Das Projekt wird jedoch mittlerweile in der Öffentlichkeit u.a. aufgrund seiner Lücken beim Datenschutz stark kritisiert.³¹ In Deutschland findet z.B. das Projekt Nationale Kohorte (NAKO) gegenwärtig viel Beachtung in Bezug auf Big Data im Gesundheitswesen. Die NAKO Gesundheitsstudie ist eine bundesweite Studie mit 200.000 Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Ziel des Forschungsprojektes ist es, die Entstehung von Krankheiten wie Krebs, Diabetes, Demenz, Herzinfarkt und anderen besser zu verstehen, um Vorbeugung, Früherkennung und Behandlung in Deutschland zu verbessern. Einige der zentralen Fragen der NAKO lauten: Warum wird der eine Mensch krank, der andere aber bleibt gesund? Welche Faktoren spielen dabei eine Rolle? Ist es die Umwelt, das soziale Umfeld oder die Situation am Arbeitsplatz? Ist es die Ernährung?³²

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Durch die Anwendung von Big Data werden sich die Arbeitsprozesse und die Kommunikation für die Beschäftigten auf allen Ebenen des Gesundheitssystems mittel-/langfristig deutlich verändern. Im Gegensatz z.B. zur Herstellung von Medizinprodukten geht es im Gesundheitswesen oft um sogenannte Gesundheitsdienstleistungen. Diese werden in der Regel in Deutschland erbracht, so dass mit Blick auf den Arbeitsmarkt eher keine negativen Auswirkungen durch die bevorstehenden Umwälzungen sondern eher eine Stabilität bei der Beschäftigung und ein Zuwachs an Dienstleistungen zu erwarten sind. Die Produkte selbst (Apps, Software, Hardware, IT-Infrastrukturen) werden gegenwärtig jedoch meist außerhalb von Deutschland entwickelt. In Bezug auf Aus- und Weiterbildung der Beschäftigten im Gesundheitswesen sind sehr deutliche Veränderungen in Bezug auf den Erwerb und die Erweiterung von IT-Kompetenzen zu erwarten.

28 <https://www.tk.de/tk/themen/digitale-gesundheit/statement-dr-baas-e-health-gesetz-22-jan-2015/723218>

29 <http://mobilbranche.de/2014/11/mobile-health-generalis>

30 http://www.nsf.gov/news/special_reports/science_nation/predictivemedicine.jsp?WT.mc_id=USNSF_51

31 http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/die-digital-debatte/sensible-gesundheitsdaten-die-vermessung-des-koerpers-13047158-p2.html?printPagedArticle=true#pageIndex_2

32 <http://nationale-kohorte.de/allgemeines/was-ist-die-nako-gesundheitsstudie/>

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Mittel- bis langfristige Entwicklung; Apps, die Daten z.B. im Fitnessbereich sammeln, sind bisher in Deutschland keine klassischen Medizinprodukte und damit auf dem zweiten Gesundheitsmarkt angesiedelt
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Eher geringe Effekte auf Beschäftigung, da standortgebunden; es entstehen wohl mehr Gesundheitsdienstleistungen, Beschäftigte werden sich in Bezug auf Big Data im Gesundheitssystem deutlich weiterqualifizieren müssen
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Ja, mit Big Data werden etablierte Strukturen im Gesundheitssystem deutlich aufbrechen; Entstehung möglicher Parallelstrukturen; Gesundheitsdaten auf dem Smartphone, neue Formen von Krankenkassen, Gesetzliche Krankenkassen werden positive Anreize
Stellung des Standorts Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Deutschland hängt der Entwicklung nach, Regulation und heterogene Strukturen erschweren Innovationen in Deutschland, Treiber sind derzeit amerikanische IT-Unternehmen aus dem Silicon Valley

Energiespeicherung und Energiewandlung

Im Rahmen des Workshops votierten die Expertinnen und Experten dafür, fünf Themenprofile zusammenzuführen und unter dem Titel „Energiespeicherung und Energiewandlung“ aufzuführen, um zum Beispiel die Konkurrenzsituation dieser Technologien zukünftig intensiver berücksichtigen zu können. Die fünf ursprünglichen Themenprofile waren: „Batterien fürs Haus – Stromautarkie im Eigenheim“, „Innovative Batteriesysteme für die Elektromobilität“, „Stationäre Brennstoffzellen – Strom und Wärme für Zuhause“, „Brennstoffzellenantrieb – Emissionsfreie Mobilität mit Wasserstoff“ und „Power-to-Gas“ – Frischer Wind ins Erdgasnetz“.

Darüber hinaus wurde für zukünftige Arbeiten in diesem Feld angeregt, zwei aktuelle Studien zusätzlich zu berücksichtigen:

- VDMA (2014): Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030, Frankfurt a. M.
- Roland Berger (und Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) (2015): Advancing Europe`s energy systems: Stationary fuel cells in distributed generation, Luxemburg

Batterien fürs Haus – Stromautarkie im Eigenheim

Worum geht es?

Stationäre Batteriesysteme, die elektrische Energie im kurz- und mittelfristigen Bereich dezentral speichern können, erlangen eine zunehmende Bedeutung in der zukünftigen Energieversorgung. In der Batterieforschung wird derzeit intensiv an der Entwicklung neuer sowie an der Optimierung bestehender Batteriesysteme gearbeitet.

Im Batteriebereich ist deutlich zwischen stationären und mobilen Anwendungen zu unterscheiden. Auf dem Gebiet der Elektromobilität müssen Batterien die Energie für den elektrischen Antrieb der Fahrzeuge mobil bereitstellen. Hier kommt es vor allem auf möglichst große Speicherdichten bei möglichst geringem Gewicht an. Als solche Traktionsbatterien eignen sich nur wenige, zumeist Lithium-basierte Hochleistungszellen. Für stationäre Anwendungen, z.B. zur Elektrizitätsversorgung von Gebäuden, spielen Gewicht und Baugröße eine eher nachgeordnete Rolle; in Kellerräumen ist häufig ausreichend Platz zur Installation vorhanden. Entscheidender sind Steuerung und Batteriemangement sowie die intelligente Gesamtintegration in das Gebäudeinterne Energiesystem.

Der Anwendungshintergrund für stationäre Batteriesysteme unterteilt sich in zwei Hauptbereiche:

- dezentrale Systeme (z.B. für Gebäude)
- stationäre Großspeicher für kommunale und regionale Stromnetze

Ein zunehmend bedeutender Markt zeichnet sich im Bereich dezentraler Systeme ab. Hier werden Batterien verstärkt als Pufferspeicher für private, dachmontierte Photovoltaik-Anlagen eingesetzt.

Eine wachsende Zahl kleiner und mittelständischer Unternehmen bietet spezifisch auf Solaranlagen ausgelegte Batteriespeicher an. Mit einem intelligenten Energiemanagement, das Elektrizitätserzeugung und -verbrauch im Gebäude möglichst passgenau aufeinander abstimmt und optimiert, können Eigenverbrauchsdeckungen von über 80 Prozent erreicht werden. Diese Entwicklungen gehen stark in Richtung intelligenter Kleinnetze (Smart Grid) und Smart House und gewähren dem Endverbraucher eine weitgehende Stromversorgungsautarkie. Der Batterietyp selbst ist eine unternehmerische Entscheidung.

Das Spektrum ist breit. Zahlreiche Unternehmen nutzen Lithium-Ionen-Zellen der etablierten asiatischen Hersteller wie Samsung, Panasonic oder NEC. Andere setzen auf modernere Lithium-Eisen-Phosphat- oder Lithium-Titanat Batterien. Sie haben eine noch höhere Speicherkapazität; es fehlen jedoch derzeit noch Langzeiterfahrungen. Weitere Unternehmen setzen die seit Jahrzehnten etablierten *Bleibatterien* ein mit denen es ausgereifte Erfahrungen gibt. Weitere Möglichkeiten dezentraler stationärer Speicherung, die ebenfalls in Deutschland wirtschaftlich darstellbar sind, werden aktuell vom Fraunhofer ISIT in Itzehoe aufgezeigt. Dort werden Folienbatterien auf Lithium-Polymerbasis hergestellt. Das kooperierende Unternehmen Dispatch Energy produziert auf dieser technologischen Basis vor Ort stationäre Speicher mit bis zu fünf kWh Gesamtkapazität, die in etwa 60 Minuten komplett gelad- bzw. entladen werden können.³³

Ebenfalls für stationäre Zwecke eignen sich *Redox-Flow-Batterien* und *Natrium-Schwefel-Systeme*. Sie speichern elektrische Energie in flüssigen Elektrolytlösungen bzw. setzen flüssige Elektroden ein. Die-

33 A. Schmid; Strom für den Hausgebrauch selber produzieren und speichern; VDI-Nachrichten Nr. 12/13, 22. 3. 2013, S. 23

se Systeme eignen sich aufgrund ihrer technischen Ausprägungen jedoch nicht für private Eigenheime. Sie kommen punktuell eher in größeren Gebäudekomplexen bzw. auf Gewerbearealen zum Einsatz.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Die Energieversorgung wird in Zukunft zunehmend aus regenerativen Quellen bestritten. Erneuerbare Energien sollen bis 2025 mindestens 40 Prozent der Elektrizitätserzeugung abdecken.³⁴ Um Überlastungen der Stromnetze und Verwerfungen an den Energiemärkten zu begegnen, wird die im Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) vorgesehene Einspeisevergütung sukzessive reduziert. Vor allem für private Betreiber lohnt sich die Installation photovoltaischer Dachanlagen nur noch, wenn sie einen möglichst großen Anteil des von ihnen produzierten Stromes selbst verbrauchen. Dies erfordert eine Energiespeicherung im Stunden- bzw. Tagesbereich. Hier zeichnet sich ein wachsender Markt ab.

Laut dem Marktforschungsinstitut Cambridge Energy Research (CER) soll der globale Markt für Energiespeicher für den Heimgebrauch bis 2017 auf 19 Milliarden Euro wachsen.³⁵

Intensiv diskutiert werden u.a. folgende Punkte:

- Technische Aspekte der Speicherung. Welcher Batterietyp setzt sich langfristig durch? Etablieren sich mehrere Batterietypen parallel?
- Weitreichendere Ideen beziehen eine sich ausweitende Elektromobilität mit ein. Die dann zahlreichen Traktionsbatterien könnten in Netz-Speicher-Konzepte mit integriert werden.

Wie wirkt sich eine ausgeweitete dezentrale Autarkie in der Elektrizitätsversorgung auf die Stromnetze aus?

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Zahlreiche deutsche Unternehmen haben sich eine gute Marktposition bei der komplexen Montage von Zellen zu Modulen und fertigen Batteriesystemen erarbeitet.³⁶ Die großen Zellfertiger setzen verstärkt auf die Kompetenzen deutscher Maschinen- und Anlagenbauer. Der VDMA erwartet für 2016 zweistellige Wachstumsraten.³⁷ Zusätzlich sind Steuerung, Batteriemangement, Leistungselektronik sowie Infrastrukturen für Systemtests von zentraler Bedeutung. Auch hier sind deutsche Unternehmen gut aufgestellt. In Deutschland sind u.a. ThyssenKrupp System Engineering, Siemens, ABB Automation, VARTA Microbattery, Bosch-Rexroth, Kuka, Manz etc. im Umfeld der Batterieproduktion involviert.³⁸

Batteriesysteme für selbst erzeugten Solarstrom sowie das zugehörige Gebäude-Energiemanagement werden verstärkt kommerziell angeboten. Sie werden für private Betreiber lukrativer werden. Der

34 Energiewende; Maßnahmen im Überblick; Presse- und Informationsamt der Bundesregierung 2015 (URL: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatistischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/ma%C3%9Fnahmen-im-ueberblick.html> ; Zugriff, 27.8.2015.)

35 J. Schmieder, M. Huber; So will Tesla Strom billiger machen; Sueddeutsche Zeitung, 1.5.2015 (URL: <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/solarbatterie-fuer-zuhause-so-will-tesla-strom-billiger-machen-1.2460144>, abgerufen am 4.11.2015)

36 Trechow, P.; Im Modul steckt deutsche Technik; VDI Nachrichten, Nr 40; 2.10.2015

37 Batterie-Maschinenbau startet durch; VDMA Meldung 15.6.2016

38 beispielhafte Auswahl; ohne Anspruch auf Vollständigkeit

Markt wird sich weiter in Richtung energieautarker Haushalte bewegen.³⁹ Insbesondere die wirtschaftlich stark gebeutelten Solarunternehmen (z.B. Solarwatt, SolarWorld) sehen in der Ausweitung des Produktangebotes von reinen Solaranlagen in Richtung integrierter Komplettsysteme inklusive Speicher große Chancen. Mittelständische Batterie- und Komponentenhersteller wie z.B. adstec, Ensotec, SGS, Hoppecke, Leclancé, Rittal u.a. adressieren zunehmend auch den Markt für Nachrüstungen bestehender Dachanlagen mit Speicherlösungen.

Batteriespeicher betreffen auf der Produzentenseite vor allem den Maschinen- und Anlagenbau und konsumentenseitig eine stetig wachsende Zahl an Verbrauchern. Relevanz besteht flächendeckend über alle Regionen Deutschlands, da Batteriespeicher stark dezentral eingesetzt werden.

Für Arbeitnehmerakteure ist es wichtig, sich mit dieser Entwicklung frühzeitig zu beschäftigen, da die Wirtschaft voraussichtlich eine Schrumpfung großer zentraler Energieversorger und einen Zuwachs der Erzeugung auf dezentraler Ebene (bei kleineren Unternehmen) erlebt. Der Ausbau und die Wahrung adäquater Mitbestimmungsrechte sind hier erfahrungsgemäß mit größeren Schwierigkeiten behaftet als in der Großindustrie.

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Weiterentwicklung. Verschiedene Batterietypen für den stationären Gebrauch sind heute marktweit verfügbar. Gleichzeitig wird an neuen Batteriekonzepten geforscht. • Markeintritt dezentraler Speicherlösungen ist erfolgt
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigungsentwicklung derzeit noch unklar • Neue Qualifikationen vor allem in Batterietechnik, -steuerung und -management sowie in der Heiminstallation erforderlich
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Gering; es sind eher kontinuierliche Weiterentwicklungen zu erwarten
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • In der elektrochemischen Forschung steht Deutschland in starker Konkurrenz zu USA und Ostasien • Gute Aufstellung bei Systemintegration • In der Umsetzung sind Korea, Japan und USA führend

³⁹ PwC-Analyse: Tesla-Effekt könnte ab Ende 2015 die Preissenkung für Heimspeicher beschleunigen; PV-Magazin, Meldung 21.9.2015 http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/pwc-analyse--tesla-effekt-knnte-ab-ende-2015-die-preissenkung-fr-heimspeicher-beschleunigen_100020567/

Innovative Batteriesysteme für die Elektromobilität – Emissionsfrei in die Zukunft

Worum geht es?

Weltweit wird derzeit intensiv an der Entwicklung neuartiger und verbesserter Batterietechnologien gearbeitet. In den zurückliegenden Jahren haben sich die Bemühungen weiter forciert. Eine wesentliche treibende Kraft der Batterieentwicklung ist die Elektromobilität. Sie verspricht eine – zumindest in der Fahrzeugumgebung – emissionsfreie Mobilität. Elektrische Antriebe sollen Verbrennungsmotoren langfristig sukzessive ablösen. Zwar haben Batterien auch im Bereich stationärer elektrischer Energiespeicherung eine zunehmende Bedeutung, aber insbesondere im Mobilitätsbereich kommt es auf höchste Effizienz, d.h. auf möglichst hohe Speicherdichten bei möglichst geringem Gewicht, an. Als Antriebsbatterien werden vor allem Lithiumbasierte Hochleistungszellen eingesetzt.

Erprobt – und teilweise schon vermarktet – werden unterschiedliche Fahrzeugantriebskonzepte. Bei reinen Elektrofahrzeugen wird der gesamte Energievorrat elektrisch in der Batterie gespeichert. Demgegenüber kombinieren sog. „Hybridfahrzeuge“ den Elektroantrieb mit einem weiteren Energieaggregat. Dies können Verbrennungsmotoren sein, die konventionelle Treibstoffe verbrennen und den Fahrzeugantrieb direkt unterstützen oder durch Wandlung in einem Generator die elektrische Energie für Batterie und Elektromotor liefern. Bei anderen Hybridkonzepten wird der Elektroantrieb mit einer Brennstoffzelle kombiniert, die die in mitgeführtem Wasserstoffgas enthaltene Energie effizient in Elektrizität umwandelt und diese in die Fahrzeugbatterie einspeist.

Je nach angewandtem Konzept werden die Fahrzeugbatterien verschieden groß ausgelegt; entscheidend ist jedoch in jedem Fall die Speicherdichte. Heute kommerziell verfügbare Lithium-Ionen-Batterien erreichen vergleichsweise hohe Energiedichten von etwa 100 – 200 Wh/kg.

In der Forschung wird zum einen an der Optimierung bestehender Systeme durch sukzessive Verbesserungen gearbeitet. Zum anderen wird jedoch auch an der Entwicklung neuer Batteriesysteme und -prinzipien gearbeitet, die erheblich höhere Speicherdichten in Aussicht stellen. Die Aussichtsreichsten sind:

- Lithium-Schwefel-Akkus: Sie können in fünf bis zehn Jahren Marktreife erlangen und versprechen erheblich höhere Energiespeicherkapazitäten um etwa 500 Wh/kg. Bei ihnen ist die Forschung schon sehr weit fortgeschritten. Allerdings reicht die Zahl der Lade- und Entladezyklen für den Anwendungsbetrieb noch nicht aus.
- „Lithium-Luft“-Batteriekonzepte sind noch viel versprechender. Mit ihnen erscheint eine Verzehnfachung der Energiedichte erreichbar. Der Reiz dieser Systeme besteht darin, dass Umgebungsluft die Kathode innerhalb der Batteriezelle ersetzt, wodurch sich die Kapazität einer Lithium-Luft-Zelle alleine durch die Größe der Lithium-Anode bestimmt. Hierdurch lassen sich u.a. auch neuartige Designkonzepte entwickeln. Eine Marktreife dieser Technologie wird jedoch frühestens in 15 bis 20 Jahren erwartet.⁴⁰

40 Technologie-Roadmap Lithium-Ionen-Batterien 2030; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), (2010)

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Die Bundesregierung will bis zum Jahr 2020 die Markteinführung von einer Million Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb erreichen.⁴¹ Sie sollen klassische Automobile ergänzen und sukzessive ablösen. Daneben steht die Verbreitung hybrider Antriebe im KFZ-Bereich. Ein besonderes Potenzial ergibt sich darüber hinaus im ÖPNV sowie bei Flurfahrzeugen. Leistungsfähige Antriebsbatterien spielen eine entscheidende Rolle in diesen Bereichen.

Die formulierten politischen Ziele stellen Wissenschaft, Unternehmen und Gesellschaft gegenwärtig vor große Herausforderungen. Ein sehr entscheidender Punkt bei diesem Thema ist die Kundenakzeptanz. Diese erweist sich vor allem im Individualverkehr derzeit als problematisch, da reine Elektrofahrzeuge insbesondere hinsichtlich der Reichweite – diese liegt im Bereich um etwa 100 Kilometer – und der Aufladezeit – mehrere Stunden – mit konventionellen Fahrzeugen noch nicht konkurrenzfähig sind.

Trotz einer stetigen Ausweitung der Elektromobilität erweist sich die Geschwindigkeit der erzielten Verbreitung als langsamer als ursprünglich erwartet – größere Marktdurchdringungen stehen weiterhin aus. Erste, auch wirtschaftliche Rückschläge wurden z.B. mit dem Niedergang der Li-Tec Battery GmbH sichtbar. Das Joint Venture von Evonik und Daimler, das Lithium-Ionen-Batteriezellen für Fahrzeugantriebe entwickelte erreichte u.a. die Profitabilitätsschwelle nicht. Verantwortlich sind u.a. eine hinter den Erwartungen zurückbleibende Nachfrage sowie eine starke asiatische Konkurrenz in der Zellproduktion. Nach Evonik steigt nun auch Daimler aus. Man will die Batteriezellen künftig vom etablierten asiatischen Hersteller LG Chem beziehen und in Deutschland zu fertigen Batteriepaketen zusammenfügen.⁴²

In der Batterieproduktion ist zwischen der Zellfertigung, Batterieherstellung und Systemsteuerung zu unterscheiden. Während angesichts der Dominanz einiger weniger ostasiatischer Konzerne bei klassischen Lithium-Ionen-Batterien für eine Zellfertigung durch deutsche Unternehmen kaum wirtschaftliche Perspektiven bestehen, zeigt sich die Situation für die Batteriefertigung, also die Verschaltung mehrerer Zellen zu einer fertigen Batterie, sowie das Batteriemangement sehr aussichtsreich.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Deutsche Betriebe haben es sich bei Montagetechnologien, Modulfertigung, Systemsteuerung und Leistungsmanagement großes Know-how erarbeitet und werden zunehmend zu Fertigungspartnern der großen asiatischen Hersteller.⁴³ Die erwarteten Wachstumsraten liegen laut VDMA um 10 Prozent.⁴⁴ In Deutschland sind neben den Automobilherstellern u.a. ThyssenKrupp System Engineering, Siemens, ABB Automation, VARTA Microbattery, Bosch, Continental, Deutsche Accumotive, Litarion, etc. involviert.⁴⁵

Der Automobilssektor als größte Branche der deutschen Wirtschaft steht in einem Umbruch, der sich über die kommenden Jahrzehnte kontinuierlich vollziehen wird. Der Umgang mit leistungsfähigen Bat-

41 Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität

42 Hier verscherbelt Daimler eine deutsche Industrie-Hoffnung; manager magazin; 6.10.2015 (<http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/daimler-verscherbelt-li-tec-das-ende-einer-deutschen-industrie-hoffnung-a-1053709.html> abgerufen am 25.11.2015)

43 Trechow, P.; Im Modul steckt deutsche Technik; VDI Nachrichten, Nr 40; 2.10.2015

44 Batterie-Maschinenbau startet durch; VDMA Meldung 15.6.2015

45 Beispielhafte Auswahl

teriesystemen wird sich zu einer Kernkompetenz entwickeln. Dies gilt für die Nutzung bereits etablierter Lithium-Batterien als auch für aussichtsreiche Nachfolgetechnologien. Direkt betroffen sind alle großen Automobilunternehmen in Deutschland sowie große Teile des Zulieferbereiches.

Für Arbeitnehmerakteure ist es wichtig, den sich eher schleichend vollziehenden Wandel der Automobilbranche gezielt und frühzeitig zu begleiten. Dieser Wandel wird sich auf Arbeitsplätze, Wertschöpfungsketten und die Prozesse zwischen Herstellern und Zulieferern auswirken. Die IG Metall ist in die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) involviert und versucht, die Umstellung auf Elektromobilität im Interesse der Beschäftigten mitzugestalten.⁴⁶ Der Wandel wird mit dem Aufbau neuer Tätigkeitsfelder, aber auch mit der Schrumpfung etablierter Beschäftigungsbereiche einhergehen. Weiterbildungsaspekte und die Wahrung von Mitbestimmungsrechten werden von zentraler Bedeutung sein.

Einen Punkt gilt es zusätzlich und besonders zu beachten: Die NPE sieht die Etablierung einer Zellfertigung in Deutschland vor. Auch Gewerkschaftsvertreter setzen erhebliche Erwartungen in diesen Punkt.⁴⁷ Allerdings ist die Dominanz der vier ostasiatischen Konzerne LG Chem, Samsung, AESC/NEC und Panasonic bei der Zellfertigung klassischer Lithium-Ionen-Batterien so deutlich, dass hier für deutsche Unternehmen kaum wirtschaftliche Perspektiven bestehen. Mit Li-Tec Battery ist der einzige deutsche Hersteller von Lithium-Ionen-Zellen gerade insolvent geworden. Möglich ist es jedoch, dass die asiatischen Hersteller auch am Standort Deutschland fertigen werden. Für die o.g. potenziellen Nachfolgetechnologien Lithium-Schwefel und Lithium-Luft mögen sich in weiterer Zukunft auch in der Zellfertigung Möglichkeiten für deutsche Unternehmen ergeben. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Technologien noch tief im Forschungsstadium stecken. Momentan ist es äußerst schwierig einzuschätzen, ob sich die neuen Batterietechnologien am Ende in Deutschland auch kommerziell erfolgreich entwickeln und umsetzen lassen. Eine genauere Analyse der Perspektiven einer Zellproduktion in Deutschland und ihrer Auswirkungen auf die Beschäftigung im Metallsektor scheint sinnvoll.

46 IG Metall gestaltet Mobilität der Zukunft mit; Meldung vom 2.12.2014 (<https://www.igmetall.de/nationale-plattform-elektromobilitaet-fortschrittsbericht-2014-14929.htm> abgerufen am 25.11.2015)

47 Anschub für Elektromobilität; Meldung vom 17.6.2015 (<https://www.igmetall.de/nationale-konferenz-elektromobilitaet-16483.htm> abgerufen am 25.11.2015)

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Weiterentwicklung. Lithium-Ionen-Batterien sind heute marktbreit verfügbar. Gleichzeitig wird an völlig neuen Batteriekonzepten für die Zukunft geforscht. • Zahlreiche Förderprogramme mit erheblichen öffentlichen Mitteln; z.B. im Rahmen der Nationalen Plattform Elektromobilität • Elektromobilität hat sich noch nicht in der Breite durchgesetzt • Dominanz asiatischer Konzerne in der Batterie-Zell-Produktion
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigungsentwicklung derzeit noch unklar • Neue Qualifikationen vor allem in Batterietechnik, -steuerung und -management sowie in der Antriebstechnik erforderlich
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Gering; es sind eher kontinuierliche Weiterentwicklungen zu erwarten
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • In der elektrochemischen Forschung steht Deutschland in starker Konkurrenz zu USA und Ostasien • Gute Aufstellung bei Systemintegration • In der Umsetzung der Elektromobilität sind Korea, Japan und USA Wettbewerber. Aber auch kleinere Länder wie Norwegen und Israel sind stark engagiert. Dort sind Elektrofahrzeuge schon recht weit verbreitet.

Stationäre Brennstoffzellen – Strom und Wärme für Zuhause

Worum geht es?

Brennstoffzellen sind elektrochemische Systeme, die den chemischen Energiegehalt von Brennstoffen – insbesondere von Gasen wie Wasserstoff oder Methan – direkt in elektrische Energie umwandeln. Zur Elektrizitätserzeugung ist kein „Umweg“ über mechanische Komponenten wie Turbinen, Motoren, Generatoren etc. erforderlich. Ihr elektrischer Wirkungsgrad ist mit bis zu 60 Prozent einzigartig effizient. Im stationären Einsatz wird die Abwärme zusätzlich für Heizzwecke verwendet. So lassen sich Gesamtwirkungsgrade bis über 90 Prozent erreichen. Der stationäre Anwendungsbereich ist klar von mobilen Brennstoffzellenantrieben abzugrenzen. Zum Einsatz als Antriebsaggregate in Fahrzeugen eignen sich nur sog. PEM-Brennstoffzellen, die bei Raumtemperatur arbeiten. Das Betriebsmittel – Wasserstoff – muss in stabilen Drucktanks mitgeführt werden. Zudem kann die Abwärme nicht genutzt werden. Als Blockheizkraftwerke in Gebäuden werden Brennstoffzellen typischerweise mit Erdgas (Methan) als Brennstoff betrieben. Hierzu eignen sich auch weitere Zelltypen, die durch ihre höhere Betriebstemperatur auch die direkte Nutzung von Methan erlauben. Die anfallenden Emissionen sind nicht gesundheits- oder umweltschädlich. Im Wesentlichen entstehen Wasserdampf und CO₂. Stationäre Brennstoffzellen arbeiten sehr nachhaltig und sind von wachsender Bedeutung im Sinne zukünftiger Strom- und Wärmeversorgung.

Stationäre Brennstoffzellen bieten u.a. ein breites Anwendungs- und Marktpotenzial bei:

- dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung (Blockheizkraftwerke für Gebäude,⁴⁸ Stromversorgung auf Schiffen⁴⁹ etc.)
- unterbrechungsfreiem Notstrom/Stromversorgung⁵⁰ (z.B. im digitalen Mobilfunk)
- großstationärem Bereich (z.B. Rückverstromung von „Windgas“, Kombination mit Biomasseverwertungsanlagen)

Einige Anwendungen haben die Serienreife bereits erreicht, andere stehen unmittelbar davor.

An der Optimierung der Zelltechnologien wird intensiv geforscht. Hochtemperatursysteme (>500 °C) erlauben den direkten Betrieb mit Erdgas ohne vorherige Erzeugung von Wasserstoff. Die wesentlichen Varianten sind

- Schmelzkarbonat-Brennstoffzellen (MCFC) und
- Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC)

Systeme, die auch bei Zimmertemperatur arbeiten, erreichen ebenfalls verstärkte kommerzielle Bedeutung. Der wesentliche Zelltyp ist hier die

- Protonenaustausch-Brennstoffzelle (PEM-FC)

48 vgl. Förderprojekte CALLUX-Praxistest Brennstoffzelle fürs Eigenheim; BMVI; 2008-2016; Beteiligte Unternehmen: u.a. EnBW, Hexis GmbH, Vaillant GmbH, Viessmann Werke GmbH, BASF, E.ON Ruhrgas AG

49 vgl. Förderprojekte E4SHIPS zur Stromversorgung auf Schiffen; BMVI; 2009-2015; Beteiligte Unternehmen: u.a. Meyer Werft GmbH, Germanischer Lloyd SE, ThyssenKrupp Marine Systems GmbH, MTU Onsite Energy GmbH

50 vgl. Förderprojekte USV, USV Progas, Verfügbarkeitssicherung im Telekom Festnetz, CPN, BOS; BMVI; 2009-2016; Beteiligte Unternehmen: u.a. ZBT – Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH, Rittal GmbH, Fuel Cell Power Systems GmbH

Sie kann nur mit Wasserstoff betrieben werden. Beim Einsatz in Gebäuden mit typischer Erdgasversorgung muss ein zusätzliches Reformermodule vorgeschaltet werden, das den Wasserstoff aus dem Erdgas gewinnt.

Sehr wichtig sind insbesondere auch industrielle Fertigungs- bzw. Produktionsaspekte sowie Steuerung, Systemmanagement, und Systemtests. In Deutschland engagieren sich neben Forschungsinstituten vor allem Heiztechnikfirmen und Energieversorgungsunternehmen im Bereich technische Entwicklung und Produktentwicklung, Sie werden dabei insbesondere durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) finanziell unterstützt. Seit 2006 wurden zahlreiche Demonstrationsvorhaben durchgeführt. Im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzelle (NIP) werden Industrie, Unternehmen, Anwender und Forschungseinrichtungen durch öffentlich-private Partnerschaften in den Entwicklungsprozess einbezogen.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Vor dem Hintergrund der Energiewende und der Klimaschutzziele besteht in Deutschland in der gekoppelten Versorgung von Gebäuden mit Elektrizität und Wärme eine besondere volkswirtschaftliche Relevanz.

Durch die hohen Wirkungsgrade von Brennstoffzellen lassen sich effiziente Kraft-Wärme-Kopplungen, vor allem sog. „Mikro-Blockheizkraftwerke“ für Ein- und Mehrfamilienhäuser darstellen, die Strom produzieren und deren Abwärme zu Heizzwecken genutzt wird. Im Vergleich zu konventionellen BHKW auf der Basis von Verbrennungsmotoren lassen sich Gesamtwirkungsgrade von 85 bis 95 Prozent erreichen. Sie arbeiten leise und vibrationsfrei und haben einen geringen Wartungsaufwand. Im Rahmen der Callux-Projekte werden seit 2008 Brennstoffzellen-Heizgeräte unter Alltagsbedingungen getestet. Das in dieser Anwendung führende Land Japan kommt bereits auf über 30.000 verkaufte Systeme. Mittlerweile sind in Deutschland jedoch ebenfalls mehrere hundert Anlagen installiert und zahlreiche Heiztechnikunternehmen wie Hexis, Viessmann, Buderus, Junkers, Vaillant etc. bieten kommerzielle Geräte an.⁵¹ Das größte Hindernis auf dem Weg breiter Marktdurchdringung stellt derzeit noch der Anschaffungspreis dar. Erhebliches Kostensenkungspotenzial besteht jedoch in steigenden Stückzahlen. Experten vermuten, dass Brennstoffzellen-Heizgeräte bald billiger sein werden als konventionelle Heizungen. Die angebotenen Systeme werden alle mit Erdgas betrieben, so dass keine aufwändige Wasserstoffversorgung erforderlich ist.

Daneben zeichnen sich kleinere Nischenmärkte ab, die z.T. bereits heute mit kommerziellen Systemen bedient werden. Hierzu zählen unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) bzw. Notstromversorgungen für wichtige Infrastrukturen, bei denen Brennstoffzellen perspektivisch Dieselaggregate ersetzen können. Weiterhin die Stromversorgung im Outdoorbereich (z.B. für Freizeit- und Camping) oder die Elektrizitätsversorgung auf Schiffen. Die Rückverstromung von Wasserstoff bzw. Methan, das in Power-to-Gas-Verfahren aus Überschusselektrizität erneuerbarer Quellen erzeugt wurde, stellt eine weitere Anwendungsmöglichkeit dar. Sie wird ebenfalls erforscht, ist jedoch wirtschaftlich wenig lukrativ.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Die Brennstoffzellentechnologie befindet sich im stationären Bereich an der Schwelle zu einer deutlich größeren Verbreitung. Bei Brennstoffzellen-Heizgeräten zeichnet sich ein langsamer, aber deutlicher

51 vgl. Initiative Brennstoffzelle (www.ibz-info.de, abgerufen am 27.10.2015)

Trend ab. Sie werden für private und gewerbliche Betreiber immer lukrativer. Deutsche Forschungsinstitutionen arbeiten international auf höchstem Niveau. Die Markteinführung hinkt jedoch hinterher, z.B. gegenüber Japan, Korea und den USA, wo es z.T. öffentliche Einführungsprogramme mit 100 Prozent-Förderung gibt. In Deutschland engagieren sich zahlreiche deutsche Unternehmen, vor allem mittelständische Heiztechnikunternehmen und Versorgungsunternehmen.

Die Anwendung der Brennstoffzellentechnologie adressiert einen Breitenmarkt privater und gewerblicher Endverbraucher. Relevanz besteht flächendeckend über alle Regionen Deutschlands, da es sich um stark dezentrale Märkte handelt.

Arbeitnehmer sind als Angestellte von kleinen und mittelständischen Unternehmen überwiegend des Maschinen- und Anlagenbaus, der Versorgungswirtschaft und der Heiztechnik sowie von örtlichen Handwerksbetrieben betroffen. Für alle Bereiche wird sich im Falle größerer Marktverbreitung ein ausgeprägter Weiterbildungsbedarf ergeben. Im Rahmen des CALLUX-Projektes werden erste Handwerksschulungen angeboten und durchgeführt. Arbeitnehmerakteure und ihre Sichtweisen sowie Kompetenzen sind jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht Teil dieser Aktivitäten. Für diese Entwicklung scheint eine frühzeitige Sensibilisierung hinsichtlich der Weiterbildung sowie der Wahrung von Mitbestimmungsaspekten notwendig.

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Weiterentwicklung. Zahlreiche Brennstoffzellentypen sind bereits kommerziell verfügbar. In der Forschung wird an Optimierungen von Wirkungsgrad und Zuverlässigkeit sowie dem Systemmanagement gearbeitet. • Förderprogramme mit erheblichen öffentlichen Mitteln • Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) befinden sich im Markteintritt; erste Systeme sind marktverfügbar. • Brennstoffzellen-BHKW werden sich erheblich schneller verbreiten als Brennstoffzellen-Mobilität
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigungsentwicklung derzeit noch unklar • Neue Qualifikationen vor allem in Brennstoffzellentechnik, -steuerung und -management sowie in der Heiminstallation erforderlich
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Gering; es sind eher kontinuierliche Weiterentwicklungen zu erwarten
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Stellung Deutschlands in der Forschung; aber langsamere Überführung in die Anwendung als z.B. in Japan • Gute Aufstellung bei Systemintegration

Brennstoffzellenantrieb – Emissionsfreie Mobilität mit Wasserstoff

Worum geht es?

In der Elektromobilität spielen Batterien eine entscheidende Rolle. Sie speichern die Antriebsenergie und müssen im Fahrzeug mitgeführt werden. Der wesentliche Nachteil reiner Batterieantriebe ist jedoch die im Vergleich zu konventionellen Energieträgern wie Benzin, Diesel, Flüssiggas oder Erdgas geringe Energiedichte, die eine nur kurze Reichweite – derzeit im Bereich um 100 Kilometer – zulässt. Zusätzlich erstreckt sich die Wiederaufladung über mehrere Stunden. Beide Aspekte stehen der Alltagstauglichkeit entgegen. Um diese Nachteile im Rahmen der Elektromobilität zu umgehen, wird in der Automobilindustrie seit Jahren intensiv an Brennstoffzellenkonzepten gearbeitet. Die eingesetzten Brennstoffzellen wandeln den Energiegehalt von Gasen direkt in elektrische Energie um. Da an dieser Umwandlung keine beweglichen Komponenten wie Motoren, Turbinen oder Generatoren beteiligt sind, erfolgt die Elektrizitätserzeugung mit außerordentlich hohem Wirkungsgrad. Aus Gründen der Praktikabilität werden für den Einsatz im Fahrzeug ausschließlich Protonenaustausch-Brennstoffzellen, sog. „PEM-FC“ verwendet. Sie werden mit Wasserstoff betrieben. Als „Abgas“ entsteht lediglich Wasserdampf. Der Wasserstoff wird dabei in speziellen Druckbehältern im Fahrzeug mitgeführt.

Brennstoffzellenantriebe sind vor allem im Automobilbereich relevant. Hier können sie rein batteriebasierte Elektromobilitätskonzepte ergänzen und das Einsatzspektrum von Elektrofahrzeugen erweitern. Erprobt werden sie jedoch auch für andere Anwendungen wie z.B. für Bootsantriebe,⁵² Flurfahrzeuge (Stapler etc.) und für öffentliche Verkehrsmittel des Bus- und Schienenverkehrs.

Neben der Weiterentwicklung und Optimierung der Brennstoffzellen selbst stehen vor allem industrielle Produktionsaspekte und Systemsteuerungen sowie die an der Anwendung orientierten Gesamtkonzepte im Entwicklungsfokus. Die anwendungsnahe Forschung und Entwicklung im Brennstoffzellenbereich wird in Deutschland insbesondere durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert. Das BMVI unterstützt seit 2006 zahlreiche Demonstrationsvorhaben in den genannten Anwendungsbereichen im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzelle (NIP), mit dem Unternehmen, Anwender und Forschungseinrichtungen zu anwendungsorientierten Projekten zusammengebracht werden.

Zahlreiche Anwendungen befinden sich in einem sehr fortgeschrittenen Entwicklungsstadium bzw. stehen unmittelbar vor der Serienreife. Einige Automobilhersteller haben im Jahr 2015 erste Serienfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb auf den Markt gebracht (s.u.).

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Eine besondere volkswirtschaftliche Relevanz besteht in Deutschland vor allem im Automobilbereich. Die Elektromobilitätsziele der Bundesregierung sehen bis 2020 eine Million elektrisch betriebene Fahrzeuge auf deutschen Straßen vor.⁵³ Das Erreichen dieser Ziele stellt eine Herausforderung für Forschung, Industrie und Gesellschaft dar. Produktakzeptanz seitens der Endkunden spielt dabei eine entscheidende Rolle. Hier können Brennstoffzellenfahrzeuge durch ihre mit konventionellen Verbrennungsantrieben vergleichbare Reichweite von etwa 600 Kilometern und ihre kurze Betankungszeit von wenigen Minuten vor allem im Automobilbereich Perspektiven eröffnen.

52 vgl. Förderprojekt All-Electric-Yacht; BMVI; 2011-2014

53 Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität

Erste durch Brennstoffzellen angetriebene Automobile sind seit diesem Jahr kommerziell erhältlich. Entsprechende Markteinführungen wurden durch die asiatischen Hersteller Hyundai (Modell ix35 Fuel Cell) und Toyota (Modell Mirai) vorgenommen. Honda hat sein Modell FCV für 2016 angekündigt;⁵⁴ im Jahr 2017 wollen Daimler, Ford und Renault ein erschwingliches Brennstoffzellenauto auf den Markt bringen.⁵⁵ Sehr weit entwickelte Brennstoffzellen-Modelle gibt es als Prototypen auch bei den anderen Herstellern, insbesondere auch bei deutschen Konzernen wie BMW und Volkswagen.

Daneben wird Brennstoffzellen-Mobilität in verschiedenen Projekten mit ÖPNV-Bussen sowie in Schienenfahrzeugen erprobt. So werden in verschiedenen Städten brennstoffzellenbetriebene Busse⁵⁶ im ÖPNV eingesetzt und auf ihre Anwendungstauglichkeit untersucht. In einem weiteren geförderten Projekt entwickelt ALSTOM einen Nahverkehrszug auf Brennstoffzellenbasis, der auf nicht elektrifizierten Strecken Dieselloks ersetzen soll.⁵⁷

Allerdings gibt es derzeit noch viele offene Fragen. So sind Leistungsfähigkeit und Reichweite zwar mit denen herkömmlicher Antriebe konkurrenzfähig, Dauerhaftigkeit und Betriebszuverlässigkeit müssen sich in den kommenden Jahren jedoch noch erweisen. Hoch sind zudem noch die Anschaffungskosten. Die Endkundenpreise der o.g. heute schon serienverfügbaren Brennstoffzellenautos liegen im Bereich um 60.000 Euro, sind jedoch noch stark durch die Einführungsmaßnahmen der Hersteller sowie durch Förderprojekte subventioniert. Preisminderungen können im Falle ausgeweiteter Serienproduktionen längerfristig unterstellt werden.

Problematisch bleibt die Treibstoffversorgung. Alle genannten Fahrzeugsysteme basieren auf Wasserstoff-Brennstoffzellen. Eine ausreichende, flächendeckende Wasserstoffversorgung ist aufwändig. Bislang gibt es in Deutschland weniger als 50 Wasserstofftankstellen. Dieser Aspekt steht einer kommerziellen Verbreitung entgegen. Abhilfe schaffen einzelne Stadtwerke, die Brennstoffzellenbusse im Einsatz haben und entsprechende Tankstellen vorhalten. Die Wasserstoffherzeugung selbst lässt sich in längerfristigen Szenarien durch Power-to-Gas-Konzepte sehr nachhaltig darstellen.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Im Mobilitätsbereich befinden sich Brennstoffzellen in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium. Erste Fahrzeuge sind serienverfügbar. Dennoch wird sich eine breitere Marktdurchdringung vermutlich zunächst langsam ergeben. Vorreiter werden zunächst eher kommunale ÖPNV-Betreiber sein, die zudem stark von Förderprogrammen abhängen. Allerdings ist mit einer Fortsetzung bzw. weiteren Ausweitung der umfangreichen öffentlichen Förderung zu rechnen. Durchbrüche im privaten Endkundenbereich sind eher längerfristig zu erwarten.

Deutsche Forschungsinstitutionen arbeiten intensiv an der Weiterentwicklung und Optimierung der Brennstoffzellentechnologie. Auf der gewerblichen Seite sind neben den großen Automobilunternehmen vor allem mittelständische Zulieferer aus dem Maschinen- und Anlagenbau engagiert. Für den

54 Honda stellt Brennstoffzellenauto vor; Pressemeldung Golem.de, 14.1.2015

55 vgl. Daimler, Ford und Renault-Nissan entwickeln Brennstoffzelle; Pressemeldung Golem.de, 29.1.2013

56 vgl. Förderprojekte NaBuZ – Nachhaltiges Bussystem der Zukunft; BMVI; 2008-2016; Beteiligte Unternehmen: u.a. Daimler AG, EvoBus GmbH

57 vgl. Förderprojekt BetHy - Entwicklung einer neuen Triebzuggeneration mit lokal emissionsfreiem Antrieb für nicht elektrifizierte Strecken; BMVI; 2013-2016; Beteiligtes Unternehmen: ALSTOM Transport Deutschland GmbH, Salzgitter

Automobilsektor als größte Branche der deutschen Wirtschaft stellen Brennstoffzellen eine wichtige Option auf dem Weg zur Elektromobilität dar. Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer sind in Großunternehmen, und kleinen und mittelständischen Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus sowie in lokalen ÖPNV-Betrieben betroffen. Im Falle größerer Marktverbreitung ergibt sich ausgeprägter Weiterbildungsbedarf.

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Weiterentwicklung. Im Bereich von Brennstoffzellen für Traktionsanwendungen wird an Verbesserungen von Wirkungsgrad, Zuverlässigkeit und Systemintegration gearbeitet. • Es laufen zahlreiche Förderprogramme • Brennstoffzellenantriebe können die Elektromobilität ergänzen bzw. voranbringen • Einige Brennstoffzellen-Fahrzeugantriebe befinden sich im Markteintritt. Erste Automobile sind kommerziell verfügbar • Die Brennstoffzellen-Mobilität wird sich jedoch langsamer verbreiten als stationäre Brennstoffzellenanwendungen z.B. in BHKW.
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigungsauswirkungen sind gegenwärtig schwer abzuschätzen • Neue bzw. erweiterte Qualifikationen vor allem in Brennstoffzellentechnik, Systemsteuerung und in der entsprechenden Antriebstechnik sind erforderlich
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Gering; es sind eher kontinuierliche Weiterentwicklungen zu erwarten
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Stellung Deutschlands in der Forschung zur Zellentwicklung und Systemintegration • Zahlreiche Demonstrationsfahrzeuge • Echte Markteinführungen derzeit nur seitens ostasiatischer Hersteller

„Power-to-Gas“ – Frischer Wind ins Erdgasnetz

Worum geht es?

Energie tritt in unterschiedlichen Ausprägungsformen auf, die sich ineinander umwandeln lassen. In der modernen Gesellschaft kommt elektrischer Energie eine ganz wesentliche Bedeutung zu. Durch die Ausweitung der Erzeugung regenerativer Energien, die sich durch eine große Wetterabhängigkeit charakterisieren, kommt es in den Stromnetzen immer häufiger zu temporären Unter- und Überangeboten elektrischer Energie, die ausgeglichen werden müssen. Für diesen Ausgleich spielt die Energiespeicherung eine immer wichtigere Rolle.

Für die mittel- und langfristige Speicherung größerer Energiemengen bietet sich die Umwandlung von Strom in energiehaltige Gase an:

- Sogenannte „Power-to-Gas“-Verfahren speisen Überschuss-Elektrizität aus erneuerbaren Quellen in Elektrolysesysteme ein und produzieren Wasserstoff-Gas. Häufig ist von „Windgas“, also aus Windenergie erzeugtem Gas, die Rede.
- Der Wasserstoff kann direkt genutzt oder in einem chemischen Nachfolgeschritt unter Aufnahme von CO₂ zu Methan gas umgewandelt werden.
- Sowohl der Wasserstoff, als auch das Methan können in großer Menge ins Erdgasnetz eingespeist werden.
- Sie können zu Heizzwecken verbraucht, als Industriegase verwendet oder bei Bedarf durch Brennstoffzellen oder Gasturbinen rückverstromt werden.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Regenerative Quellen wie Sonnen-, Wind- und Wasserkraft tragen in Deutschland immer stärker zur Energieversorgung bei. Bis zum Jahr 2025 soll aus der Sicht der Bundesregierung der Anteil erneuerbarer Energien bei der Gesamt-Elektrizitätserzeugung auf mindestens 40 Prozent ausgebaut werden. Bis 2035 soll er auf 55 bis 60 Prozent weiter ansteigen.⁵⁸ Die Erzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien ist jedoch sehr stark wetterabhängig. Der Ausgleich von Stromangebot und Nachfrage stellt eine Herausforderung dar und verlangt den zunehmenden Einsatz von Energiespeichern.

Die Erzeugung energiehaltiger Gase aus regenerativ erzeugter Elektrizität und ihre Einspeisung in die vorhandene Gasinfrastruktur gelten als aussichtsreich. Sie stellt neben dem Betrieb von Pumpspeichern die einzige Möglichkeit dar, große Energiemengen auch über längere Zeiträume zu speichern. Die technischen Wirkungsgrade sind für einen wirtschaftlichen Betrieb in großem Stil bisher noch nicht ganz ausreichend. Angesichts der enormen Bedeutung des Themas für die „Energiewende“ in Deutschland wird intensiv an technologischen und verfahrenstechnischen Weiterentwicklungen gearbeitet. Viele, häufig mit öffentlichen Fördermitteln unterstützte Forschungsprojekte widmen sich diesem Bereich. Mittlerweile wurden zahlreiche Demonstrationsanlagen in Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen, Industrieunternehmen und regionalen Elektrizitäts- und Gasversorgern bereits in Betrieb genommen.⁵⁹

58 Energiewende; Maßnahmen im Überblick; Presse- und Informationsamt der Bundesregierung 2015 (URL: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatistischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/ma%C3%9Fnahmen-im-ueberblick.html> ; Zugriff, 27.8.2015.)

59 Förderinitiative Energiespeicher; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Förderrichtlinie, April 2011

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Die Energiewende in Deutschland steht für eine grundlegende Veränderung des deutschen Energiesystems, die sich bereits heute in ersten Schritten vollzieht und die kommenden Jahrzehnte andauern wird. Die meisten Branchen in Deutschland und ihre Beschäftigten sind hiervon mittelbar oder unmittelbar betroffen. Die Speicherung von energiehaltigen Gasen wird als ein Schlüsselement der Energiewende angesehen. Für die langfristige großvolumige Energiespeicherung bieten sich kaum Alternativen zu „Power-to-Gas“-Verfahren.⁶⁰ Dies wird sowohl für öffentliche Stellen als auch für Unternehmen zunehmend deutlich und erste kommerziell betriebene Anlagen stehen vor der Einführung.

Direkt involvierte Unternehmen⁶¹ finden sich vor allem im Energiebereich, im Maschinen- und Anlagenbau und in der chemischen Verfahrenstechnik. Große und mittelständische Unternehmen dieser Sektoren (zum Beispiel Siemens, Linde, RWE, E.ON, Viessmann, Sunfire, Energtrag etc.) sind bereits heute mit der Herstellung und Weiterentwicklung flexibler und effizienter Elektrolysesysteme sowie der Optimierung der Elektrochemie, der zugehörigen Materialsysteme, der Methanisierungschemie und der Gasverfahrenstechnik befasst. Beeinflusst wird zudem die Versorgungs-, Energie- und Installationswirtschaft auf regionaler Ebene. Erneuerbare Energien werden nicht in Kraftwerkskernen sondern stark dezentral erzeugt. Entsprechend wird auch die „Windgas“-Erzeugung vor allem auf regionaler und kommunaler Ebene durch die dort vorhandene Wirtschaft umgesetzt.

Hinsichtlich der Betriebsstrukturen in der regionalen Umsetzung ist auffällig, dass es sich bei Anwendern erneuerbarer Energiesysteme – dies gilt auch für Speicheranwendungen – in wachsendem Maße um genossenschaftlich konstituierte Unternehmen mit energiewirtschaftlichem Geschäftsbetrieb handelt.⁶² In diesem eher wenig gewerkschaftlich organisierten Betriebstyp können sich in Zukunft verstärkt Fragen der Mitbestimmung, der Betriebsratsetablierung und der Wahrnehmung von Arbeitnehmerinteressen stellen. Mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien scheint die damit zusammenhängende Beschäftigung zugenommen zu haben;⁶³ dies könnte sich auch in Verbindung mit neuen Energiespeicherverfahren in eine solche Richtung entwickeln.

60 The technologies which could change our lives; European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight (STOA) Unit, Jan. 2015, p. 19

61 vgl. z.B. „Startschuss für weltgrößtes Elektrolysesystem in Mainz“; Pressemeldung Siemens AG, 2.7.2015

62 B. A. Maron, Die Energiewende in Deutschland: Auswirkungen auf Entwicklungen und Beschäftigung in der Energiewirtschaft – Abschlussbericht; Hans-Böckler-Stiftung, Aug. 2014; S. 211 ff

63 ebd. S. 18 ff.

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr anwendungsnahe Forschung, zahlreiche Prototypen und Demonstrationsanlagen • Zahlreiche Förderprojekte durch Bundes- und Länderbehörden, Involvierung zahlreicher anwendungsnaher Forschungsinstitutionen und Unternehmen • Technische Marktreife in weiten Teilen schon erreicht • Wirtschaftlichkeitsschwelle noch nicht erreicht; ein zu den derzeit kostengünstigeren fossilen Energien wirtschaftlich konkurrenzfähiger Betrieb ist nicht gegeben
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Ein moderater Zuwachs der Beschäftigtenzahl kann erwartet werden • Das Gros der mit „Power-to-Gas“ befassten Beschäftigten wird aus dem bestehenden Anlagenbau und der bestehenden Verfahrenstechnik kommen • Qualifikationen/Fachkenntnisse müssen angepasst werden
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Eher gering, die Einführung wird sich eher inkrementell vollziehen
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr gute internationale Positionierung insbesondere in Elektrolysetechnologien und Gasverfahrenstechnik

Innovative Sensorsysteme für ein sinnvolles Patientenmonitoring

Worum geht es?

Nach einem aktuellen Bericht des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag sind Innovationen in der industriellen Gesundheitswirtschaft von erheblicher Bedeutung für Wachstum und Beschäftigung in Deutschland.⁶⁴ Der Bericht fokussiert auf einige Beispiele aktueller medizintechnischer Innovationen. Er erfasst jedoch nicht die temporäre oder dauerhafte Messung von Daten im Körper, am Körper oder körpernah, und deckt so das überaus wichtige Thema Sensorsysteme für das Patientenmonitoring nicht ab.

Das Monitoring von Vitalfunktionen mittels elektronischer Geräte ist in der Intensivmedizin bereits seit mehreren Jahrzehnten etabliert und für die betroffenen Patienten überlebenswichtig. Gleiches gilt für das sogenannte Monitoring verschiedenster Parameter im Alltag von chronisch Kranken im Zusammenspiel mit einer geeigneten Therapie (wie die Blutzuckerkontrolle bei Diabetes oder der Blutdruck bei Hypertonie sowie ein regelmäßiges Screening von Risikofaktoren zur Prävention von Volkskrankheiten).

- Trends wie Miniaturisierung, Computerisierung und Molekularisierung ermöglichen es, im Zusammenspiel von Mikrosystemtechnik und den Informations- und Kommunikationstechnologien mit neuen Methoden, kontinuierlich Innovationen in immer kleiner werdende, intelligente und vernetzte medizintechnische Sensoren hineinzutragen.
- Ganz neue Möglichkeiten entstehen durch den innovativen Einsatz von Sensoren auf dem Körper in Kombination mit Textilien – als sogenannte Wearables (zum Beispiel Sensormütze⁶⁵) – oder als Implantat in Kombination mit geeigneten keramischen, metallischen oder biologischen Werkstoffen (zum Beispiel Kaliumsensor in Herzschrittmachern).
- Hinzu kommt der sich ausweitende Trend der Selbstbeobachtung, der im „Fitness-Wellness-Lifestyle“-Bereich eine wachsende Zahl von Wearables (zum Beispiel Smartwatches) hervorbringt, die quasi als „Testfeld“ für künftige (tele-)medizinische Anwendungen zum Monitoring von Körperfunktionen dienen können.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Vor dem Hintergrund des global wachsenden Wohlstands und der sich verbessernden Lebensbedingungen steigt das Risiko sogenannter Zivilisationskrankheiten bei gleichzeitig wachsendem Anspruch an hochwertige Medizinprodukte. Insbesondere in den Industriegesellschaften bewirkt der demografische Wandel eine Zunahme altersbedingter Erkrankungen. Dementsprechend wird in den nächsten Jahren weltweit rasch der Bedarf nach Patientensensoren steigen, die eine Früherkennung von Krankheiten ermöglichen. So können rechtzeitig präventive und/oder therapeutische Maßnahmen eingeleitet werden. Gleichzeitig steigt in den Schwellen- und Entwicklungsländern der Bedarf nach kostengünstigen

64 Bratan, T., Wydra, S. (2013): Technischer Fortschritt im Gesundheitswesen: Quelle für Kostensteigerungen oder Chance für Kostensenkungen?, TAB-Arbeitsbericht 157, Berlin

65 Siehe ingenieur.de (2014): Sensormütze überwacht Biofunktionen im Alltag, <http://www.ingenieur.de/Fachbereiche/Medizintechnik/Sensormuetze-ueberwacht-Biofunktionen-im-Alltag> (abgerufen am 28.08.2015)

und leistungsfähigen kleinen Sensorsystemen (zum Beispiel für die Vor-Ort-Diagnostik), um den Ersatz völlig veralteter bzw. den Aufbau neuer, teurer Großgeräte-Infrastruktur zu vermeiden.

Deutschland ist nach den USA der zweitgrößte Exporteur von Medizintechnik.⁶⁶ Das „innovative Rückgrat der Branche“ wird durch rund 1.200 kleine und mittelständische Unternehmen geprägt, ergänzt durch einige Großunternehmen wie Siemens, Philips und Drägerwerk, die vorwiegend den Markt für Großgeräte dominieren.⁶⁷ Die zukünftige Entwicklung innovativer Sensoren ist auf sogenannte „Cross-Innovationen“ angewiesen und bedarf einer starken Vernetzung und Kooperation mit Akteuren angrenzender Branchen. Dies betrifft die Ideenfindung, die nachfolgende Bewältigung der Forschungs- und Entwicklungsprozesse sowie die Erfüllung der anspruchsvollen regulatorischen Anforderungen. In diese Richtung steuert z.B. die Fördermaßnahme „Individualisierte Medizintechnik“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.⁶⁸

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Nach einem Bericht der Bundesregierung zur Medizintechnikbranche hat Deutschland dank der guten Ausbildungsbedingungen im internationalen Wettbewerb noch einen Standortvorteil. Um diesen allerdings auch langfristig nutzen zu können, müssen die Rahmenbedingungen für eine optimale Aus- und Weiterbildung in der Medizintechnik weiter verbessert und die Verfügbarkeit qualifizierter Fachkräfte sichergestellt werden.⁶⁹ Zudem eröffnen sich durch dauerhaft am/im menschlichen Körper getragene Sensoren ganz neue Aspekte der Datenverarbeitung hinsichtlich der Menge, Vernetzung und Auswertung (Schlagworte hier sind z.B. Big Data, personalisierte Medizin) sowie der Datensicherheit und -verfügbarkeit. Dies alles erfordert eine hohe (Weiter-)Qualifikation der beteiligten Fachkräfte im Bereich Medizintechnik. Es liegt nahe, dass in Deutschland und auch in Europa an neuen diesbezüglichen Förderkonzepten gearbeitet wird. Für Arbeitnehmer besitzt das Thema Innovative Sensorsysteme für ein sinnvolles Patientenmonitoring ein großes Wachstumspotenzial, was für die Branche und ihre Beschäftigten eine positive Wirkung haben kann. Die Rolle von Gewerkschaften und Betriebsräten kann u.a. darin liegen, die öffentliche Diskussion um technische Machbarkeit unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Interessen mitzugestalten.

Thesen/vorläufiges Fazit

Die Medizintechnikakteure sind untereinander und mit möglichen neuen Ideengebern aus anderen Branchen besser zu vernetzen. Dabei ist auch zu klären, welche Rolle Gewerkschaften und Betriebsräte bei Innovationen in diesem Feld einnehmen können. Darüber hinaus ist zu klären, wie ein verantwortungsvoller Umgang mit der resultierenden Datenmenge, dem Datenschutz und dem Recht auf Nichtwissen gewährleistet werden kann, und wie in Deutschland, einem Land mit ausgeprägtem Datenschutz, Sensorsysteme entwickelt werden können, die wegen ihrer besonderen Sicherheitselemente zum internationalen Wettbewerbsvorteil werden.

66 BMWi (2015): Gesundheitswirtschaft, Fakten & Zahlen, Berlin

67 KMU-innovativ: Medizintechnik; Bundesministerium für Bildung und Forschung; abgerufen am 12.08.2015

68 BMBF (2014): Individualisierte Medizintechnik, Berlin

69 Die Bundesregierung (2012): Innovationen in der Medizintechnik, Nationaler Strategieprozess, Berlin

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none">• Anwendungsorientierte Forschung gemeinsam mit Industrie• Markteintritt steht bevor
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none">• Beschäftigungsentwicklung wird vermutlich positiv sein• Deutlich neue Anforderungen an Qualifizierung
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none">• Eher disruptiv (für die Anwender)
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none">• Hohes Potenzial durch prinzipiell vorhandenes Know-how und vorhandene Technologien• In der Umsetzung noch deutliche Defizite

Revolution in der Biotechnologie: Das CRISPR-System

Worum geht es?

Laut einer aktuellen Branchenanalyse der Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) ist die Biotechnologie ein Innovationstrend, dessen Bedeutung für die Produktion von besonders wirksamen Medikamenten gegen Alterskrankheiten und chronische Erkrankungen, insbesondere in Europa, zunehmen wird.⁷⁰ Diese Analyse geht nicht explizit auf neue Methoden in der Biotechnologie ein.

Mit dem sogenannten CRISPR/Cas9-System (CRISPR) steht nunmehr eine völlig neue molekulargenetische Methode zur Verfügung, die es ermöglicht Eingriffe im Erbgut von Organismen ohne aufwändige Laborausstattung und Vorkenntnisse sehr schnell und zielgenau sowie extrem kostengünstig durchzuführen. Die Technologie gilt bereits jetzt als „Revolution in der Forschung“ und wird als die bedeutsamste Innovation in den Biowissenschaften seit der Entwicklung der Polymerasekettenreaktion (PCR) gesehen.⁷¹ Entsprechend rasant verläuft aktuell die Entwicklung neuer Anwendungen für CRISPR und deren Diskussion in der Wissenschaftsgemeinde.⁷² Hohes Potenzial wird vor allem in folgenden Bereichen gesehen:

- Grundlegende Labormethode: Schnelle Herstellung genetisch veränderter Organismen, wie sie beispielsweise im Zuge der Medikamentenentwicklung oder für biotechnologische Verfahren erforderlich sind.
- Gentherapie: Im Tiermodell konnten bereits krankheitsverursachende Mutationen im Erbgut eliminiert werden.
- Landwirtschaft: Durch die niedrigen Kosten wird die Veränderung insbesondere von bislang nicht im Fokus der Massenproduktion stehenden Nutztieren und Ackerpflanzen interessant.
- Veränderung ganzer Ökosysteme: Es ist denkbar, mit Hilfe der Methode Krankheitsüberträger (z.B. Moskitos, Zecken) oder besonders invasive Pflanzen zu beseitigen.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

2014 haben die Produkterfolge in der Biotechnologie die weltweite Marktkapitalisierung in dieser Branche auf über eine Billion US-Dollar (USD) getrieben. Der europäische Anteil liegt dabei mit rd. 162 Milliarden USD deutlich hinter den USA, die auf rd. 854 Milliarden USD kommen.⁷³ In der deutschen Biotechnologiebranche gibt es aktuell trotz eines Rückgangs bei der Zahl der privaten Unternehmen, rückläufiger Umsätze und eines Anstiegs der Verluste eine optimistische Zukunftsperspektive, die sich auf steigenden Forschungs- und Entwicklungs-Ausgaben und Mitarbeiterzahlen gründet.⁷⁴ Speziell zur Stärkung des Pharma-Standorts Deutschland in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Produktion hat die Bundesregierung 2014 den Pharma-Dialog mit Vertretern der Industrie, Wis-

70 Gehrke, B., von Haaren, F. (2014): Die Pharmazeutische Industrie – Eine Branchenanalyse, Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Hannover

71 Ledford, H. (2015): CRISPR, the disruptor, Nature 522, 20–24

72 Nature Special: CRISPR: The good, the bad and the unknown, <http://www.nature.com/news/crispr-1.17547> (abgerufen am 21.09.2015)

73 Biotechnology Industry Report (2015): Beyond borders – Reaching new heights, Ernst & Young Global Limited

74 Deutscher Biotechnologie-Report (2015): Momentum nutzen – Politische Signale setzen für Eigenkapital und Innovation, Ernst & Young GmbH, Mannheim

senschaft und Gewerkschaft initiiert.⁷⁵ Deutschland ist bezüglich CRISPR gut aufgestellt: Emmanuelle Charpentier, eine der Erfinderinnen der Technik, leitet seit 2015 das Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie in Berlin.

Die Einführung von CRISPR in den Laboralltag der Biotechnologie könnte zu einer deutlichen Beschleunigung und somit Kostensenkung im Bereich Forschung und Entwicklung führen. Patentrechtliche Bedenken haben bei einigen Firmen, darunter beispielsweise Monsanto, bisher zu Zurückhaltung geführt. Für eine neue Variante von CRISPR – CRISPR/Cpf1 – gibt es diese Bedenken offenbar nicht.⁷⁶ Bioethische Diskussionen zur Anwendung von CRISPR stehen erst am Anfang. Führende Wissenschaftler fordern ein Moratorium zur Anwendung in der Keimbahn,⁷⁷ doch chinesische Wissenschaftler haben 2015 bereits erste Ergebnisse über Versuche mit der neuen Technologie in menschlichen Embryonen publiziert.⁷⁸ Beiträge zu den ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten von CRISPR könnte ein im September 2015 aufgelegtes Instrument des Bundesministeriums für Bildung und Forschung leisten, das die Erforschung der gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Methoden der Genomeditierung fördert.⁷⁹

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Die bereits genannte Branchenanalyse der IG BCE betont, es sei „misslich, dass die großen deutschen Pharmaunternehmen ihre Biotechnologieforschung weitgehend in den USA durchführen.“ Als ein Grund wird die in der Vergangenheit geführte Debatte um die Biotechnologieforschung in Deutschland angeführt. Die IG BCE sieht auch große Potenziale für die grüne Gentechnik in Deutschland und fordert Aufklärung hinsichtlich der Unterscheidung zwischen sicheren und unsicheren Anwendungen. Deutschland könne unter dem Schlagwort „Sicherheit Made in Germany – ein besonderer Innovationsfaktor“ zum einen als Vorbild agieren und gleichzeitig von der ausgeprägten Sicherheitskultur profitieren.⁸⁰ Neben dem Weiterbildungsbedarf der beteiligten Fachkräfte besteht eine hohe Notwendigkeit für einen gesellschaftlichen Diskurs über das Potenzial und die möglichen Anwendungen von CRISPR, der auch international geführt werden muss.

75 Bundesregierung: Auftakt für den Pharma-Dialog der Bundesregierung mit Vertretern der Industrie, Wissenschaft und Gewerkschaft (2014), http://www.bmg.bund.de/fileadmin/dateien/Pressemitteilungen/2014/2014_03/140915_PM_Auftakt-Pharmadialog.pdf (abgerufen am 13.11.2015)

76 Gene editing – Even CRISPR (2015); *The Economist*, October 3rd 2015

77 Edward Lanphier et al. (2015): Don't edit the human germ line, *Nature* 519, S. 410-411, 26. März 2015

78 Puping Liang et al. (2015): CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes, *Protein & Cell*, May 2015, Volume 6, Issue 5, pp 363-372

79 Bundesministerium für Bildung und Forschung: Eingriffe in das Genom bewerten (2015), <https://www.bmbf.de/de/ingriffe-in-das-genom-bewerten-1308.html> (abgerufen am 13.11.2015)

80 Informationen zur Industriepolitik (2010): Technologietrends und Informationen – Chemische Industrie, Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Hannover

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagenforschung • Anwendungsorientierte Forschung gemeinsam mit Industrie • Markteintritt steht bevor
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigungsentwicklung nicht absehbar; kann negativ verlaufen, wenn Deutschland den internationalen Anschluss verpasst • Neue Anforderungen an Qualifizierung – auch im Sinne eines verantwortlichen Umgangs mit der Technologie
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Potenziell hochgradig disruptiv
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Hohes Potenzial durch prinzipiell vorhandenes Know-how und vorhandene Technologie • In der Umsetzung noch Defizite

Themen

„Dringlich“



Maßgeschneidert, schnell und für eine verbesserte medizinische Versorgung: 3D-Druck in der Medizin

Worum geht es?

Der 3D-Druck ist eine Technologie, die in den vergangenen Jahren durch rasante Fortschritte im Bereich des „Additive Manufacturing“ auch jenseits der Industrie sowohl für KMU als auch für Endverbraucher an Bedeutung zunimmt. So können auf der Basis digitaler Daten individuelle medizintechnische Produkte einfach und schnell dreidimensional gedruckt werden; beispielsweise wird bereits heute in 90 Prozent aller Hörhilfen die Otoplastik (Verbindung zwischen Ohr und Hörhilfe) mittels 3D-Druck maßgefertigt. Die Thematik 3D-Druck wird auch in einer von der Hans-Böckler-Stiftung beauftragten Studie aus dem Jahr 2014 behandelt. Der Bereich Medizin und Medizintechnik – mit Ausnahme der Zahntechnik – wird allerdings eher am Rande diskutiert.⁸¹ Zudem konnten in der Studie sehr ausgeprägte Entwicklungen im Laufe des Jahres 2015 keine Berücksichtigung mehr finden. Nicht zuletzt auf Grund des hohen Potenzials des 3D-Drucks in der Medizin beschäftigt sich z.B. aktuell die „Nationale Informationsplattform Medizintechnik“ intensiv mit diesem Thema und hält hierzu einen guten Überblick bereit.⁸² Folgende Anwendungsfelder zeichnen sich nach Einschätzung der Informationsplattform Medizintechnik, die mit öffentlichen Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) arbeitet, bereits heute ab:

- Herstellung individueller Prothesen und Implantate: Bei herkömmlichen Prothesen muss in der Regel der Knochen an das Implantat angepasst werden. Wird dieses jedoch passgenau angefertigt, verbessert sich der Heilungsprozess⁸³ bzw. die Prognose für die Stabilität der Implantate, die zudem sehr komplex aufgebaut sein können.⁸⁴ Insbesondere individuelle Exoprothesen lassen sich vor allem schneller über 3D-Druck herstellen, was vor allem für Unfall- oder Tumorpatienten mit Gesichtsverletzungen von Bedeutung ist.
- Anfertigung von 3D-Modellen für die Operationsvorbereitung: Die Anfertigung kostengünstiger, individueller Organmodelle ermöglicht im Vorfeld komplizierter Operationen eine detaillierte Planung der Operationstechnik, mit dem Ziel, das Risiko und die Belastung für den Patienten zu reduzieren.
- Herstellung von Knochen- und Gewebeersatz: Beschädigte Knochen lassen sich durch Computer-Aided Design (CAD) dreidimensional rekonstruieren und anschließend in Kombination mit biologisch abbaubaren Materialien, die das Knochenwachstum fördern, drucken. Ergebnis des Heilungsprozesses ist ein vollwertiger körpereigener Ersatz.

81 Dobischat, R. et al. (2014): 3D-Drucken in Deutschland – Entwicklungsstand, Potenziale, Herausforderungen, Auswirkungen und Perspektiven. Reihe: Maschinenbau. Aachen

82 Nationale Plattform Medizintechnik: Neue Technologie mit großem Potenzial: 3D-Druck (2014), <https://www.medizintechnologie.de/infopool/medizin-technologie/2014/3d-druck-neue-technologie-mit-groessem-potenzial/> (abgerufen am 23.11.2015)

83 Handelsblatt: Das Knie aus dem 3D-Drucker (2015), <http://www.handelsblatt.com/technik/hannovermesse/medizintechnik-das-knie-aus-dem-3d-drucker/11623150.html> (abgerufen am 23.11.2015)

84 Wirtschafts Woche: Ein Brustbein aus dem Drucker (2015), <http://www.wiwo.de/technologie/forschung/3d-druck-in-der-medizin-ein-brustbein-aus-dem-drucker/12317136.html> (abgerufen am 23.11.2015)

- 3D-Druck von Geweben und Organen: Gewebeverbände, z.B. „mitwachsende Herzklappen, oder ganze Organe aus Zellsuspensionen zu drucken ist ebenfalls noch eine Zukunftsvision. Allerdings sind bereits deutliche Fortschritte in der Strukturgebung zu verzeichnen.⁸⁵
- Anwendungen im Pharmasektor: 2015 ist erstmalig der 3D-Druck eines Arzneimittels von der U.S. amerikanischen „Food and Drug Administration“ (FDA) zugelassen worden. So lassen sich Tabletten fertigen, die eine deutlich schnellere Wirkstofffreisetzung erreichen, als herkömmlich hergestellte. Zudem besteht die Möglichkeit, künftig individuell auf den Patienten zugeschnittene Dosen in Tablettenform zu produzieren.⁸⁶

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Laut einer Marktstudie von Gartner wurden in 2015 rund 245.000 3D-Drucker ausgeliefert. Diese Zahl wird sich in den nächsten Jahren alljährlich verdoppeln und im Jahr 2019 bei 5,6 Millionen Geräten liegen.⁸⁷ Als Grund für die Entscheidung, die Produktion auf 3D-Druck umzustellen, nennen die meisten Unternehmen größere Designfreiheit, gefolgt von Zeitersparnis und geringeren Kosten.

Mittels 3D-Druck hergestellte Medizinprodukte und Arzneimittel unterliegen den entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen und müssen klinisch getestet und genehmigt werden. Für die Unternehmen ergeben sich mögliche Probleme insbesondere bei der Zulassung individueller Produkte („In-Haus-Herstellung von Medizinprodukten“). Zudem fordert der Gesetzgeber künftig eine frühe Nutzenbewertung von Medizinprodukten, die mit dem neuen Paragraphen 137h eingeführt werden soll. Unklar ist zudem wer haftet, wenn künftige Organe aus dem 3D-Drucker ihre Funktion nach einer Transplantation nicht korrekt erfüllen. Die FDA prognostiziert, dass mit einheitlichen Richtlinien oder eine Zustimmung des Einsatzes im Menschen frühestens Anfang 2016 zu rechnen ist.

Im deutschen Gesundheitssektor wird bislang eher zurückhaltend mit dem Thema umgegangen. Private und gesetzliche Krankenkassen verweisen auf den generellen Nachweis der medizinischen Notwendigkeit im Rahmen ihrer Leistungen. In der Tabelle der Zusatzentgeltleistungen gesetzlicher Krankenkassen sind einige CAD-gefertigte Rekonstruktionsimplantate aufgeführt. Eine generelle Bewilligung erfolgt jedoch nicht.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Vor dem Hintergrund der Individualisierung von Medizinprodukten und Arzneimitteln stellt der 3D-Druck eine große Chance vor allem für die Medizintechnikunternehmen und ihre Beschäftigten dar. Wird diese genutzt, ergibt sich ein Wettbewerbsvorteil. Da Deutschland einen Referenzmarkt für neue Medizintechnik darstellt und deutsche Medizintechnik zu zwei Dritteln ins Ausland exportiert wird, lassen sich neue Märkte erschließen und somit Arbeitsplätze sichern und ggf. ausbauen. Käme die Technologie in Deutschland nicht oder zu spät in die Anwendung gerieten die Unternehmen vor Ort durch die Einführung der Technik in anderen Ländern unter Druck und Deutschland wäre hier nicht

85 Science: 3D printing soft body parts: A hard problem that just got easier (2015),

<http://news.sciencemag.org/technology/2015/10/3d-printing-soft-body-parts-hard-problem-just-got-easier> (abgerufen am 23.11.2015)

86 Forbes: FDA Approves First 3-D Printed Drug, <http://www.forbes.com/sites/robertszczerba/2015/08/04/fda-approves-first-3-d-printed-drug/> (abgerufen am 23.11.2015)

87 3D Grenzenlos: Gartner rechnet mit Verdopplung der 3D-Drucker-Auslieferungen in 2016 (2015), <http://www.3d-grenzenlos.de/magazin/marktforschung/prognose-verkaufter-3d-drucker-2016-27132213.html> (abgerufen am 23.11.2015)

mehr der Referenzmarkt. Da es sich um eine neue Produktionsmethode handelt, müssen die Unternehmen umgerüstet werden. Dies erfordert insbesondere eine weiter steigende IT-Kompetenz der Arbeitnehmer (z.B. in CAD).

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsorientierte Forschung gemeinsam mit Industrie • Markteintritt hat in einigen Bereichen bereits stattgefunden
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherung bestehender Arbeitsplätze gegenüber Wettbewerbern • Ausbau durch der Beschäftigung durch neue Produkte/Geschäftsfelder • Zusätzliche IT-Kenntnisse werden bei Beschäftigten erforderlich
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Kurzfristig: Nein, aber zunehmende Ablösung bekannter Produktionstechnologien und verstärkte Anwendung individualisierter Medizinprodukte • Langfristig (ca. zehn Jahre) disruptiv: Organe aus dem 3D-Drucker
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Deutschland gilt als Referenzmarkt für neue Produkte und liegt weltweit auf Platz 3 (hinter USA und Japan); 2/3 der Produkte gehen ins Ausland • Marktposition halten und nach Möglichkeit ausbauen

Votum aus dem Expertenworkshop

Die Expertinnen und Experten, die am Workshop teilnahmen, votierten dafür, das Thema „3D-Druck“ nicht auf den Bereich Medizin zu begrenzen. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass die HBS eine breiter angelegte Studie zu diesem Thema gefördert hat: Dobischat, R. et al. (2014): 3D-Drucken in Deutschland – Entwicklungsstand, Potenziale, Herausforderungen, Auswirkungen und Perspektiven. Reihe: Maschinenbau. Aachen

Themen

„Weiter intensiv beobachten“



Theranostik – Gesundheitsvorsorge durch Kombination von Diagnostik und Therapie

Worum geht es?

Krebs gehört zu den häufigsten Erkrankungen, mit oft tödlichem Ausgang. Mit modernen bildgebenden Verfahren, welche von außen in den Körper eingeführte Nanopartikel zur Steigerung der Nachweisgrenze für die beginnende Tumorentwicklung und verbesserte Ortsauflösung bei der Tumorkonlokalisierung nutzen, werden neue Ansätze zur frühzeitigen Detektion und Lokalisierung von Krebsgewächsen erforscht. Die eingesetzten Nanopartikel sind dazu in der Regel mit einem so genannten Linker ausgestattet, der über das Schlüssel-Schloss-Prinzip eindeutig selektiv an Tumorgewebe andocken kann und somit für den lokalen Nachweis in einem PET-Scanner (Positronen-Emissions-Tomograph) oder über das MPI (Magnetic Particle Imaging; als Erweiterung des bereits eingesetzten MRT-Verfahrens) maßgeschneidert nutzbar wird. Aus den Ergebnissen erster BMBF-Verbundprojekte wird erwartet, dass durch Optimierung von Selektivität und Sensitivität eine verbesserte Diagnose von Krankheitsverläufen erstellt und darauf aufbauend geeignete Therapiemaßnahmen eingeleitet werden können.⁸⁸

Die Kopplung von Diagnostik und Therapie wird mit Theranostik bezeichnet.⁸⁹ Ziel dabei ist es, die für die Diagnose eingesetzten Partikel zusätzlich für lokal nur am Krankheitsherd wirkende Therapiemaßnahmen zu nutzen.⁹⁰ Die spezifischen Partikel können hierfür z.B. mit Isotopen gekoppelt werden, deren radioaktive Strahlung selektiv das umliegende Tumorgewebe zerstört. Oder es können magnetische Partikel eingesetzt werden, die von außen durch ein Magnetfeld zu Schwingungen angeregt werden und dadurch zur gezielten lokalen Erhitzung (Hyperthermie) des Krankheitsherdes führen. Gekoppelt mit kugel- oder käfigförmigen Trägersystemen lassen sich auch eingekapselte Wirkstoffe wie Chemotherapeutika zum Tumor bewegen. Dort können sie durch die lokal erhöhte Temperatur, die Energiefreisetzung bei der Anbindung an das Tumorgewebe oder durch einen externen Trigger (Magnetpuls, Lichtpuls) erreichen.⁹¹ Aus den diagnostischen Bilddaten lassen sich künftig auch individualisierte Dosierungen oder kontrollierte Dosis-Zeit-Profile für die therapeutische Einwirkung ableiten, so dass eine maximale Wirkung bei minimierten Nebenwirkungen für den Patienten erzielt werden kann.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

In der Medizin ist der Bedarf immens, Krankheiten früher und genauer diagnostizieren zu können und darauf aufbauend gezielter und kostengünstiger zu therapieren. Zudem werden Verfahren benötigt, die eine auf das Individuum zugeschnittene Medizin ermöglichen und möglichst regenerativ Organe, Gewebe und Knochen heilen. Da in den letzten Jahren einerseits enorme Fortschritte in der Genomik und Proteomik zu verzeichnen sind, das biomedizinische Wissen über molekulare Ursachen von Krankheiten deutlich zunimmt und andererseits die Fähigkeit, Materialien unterschiedlichster Art auf der Nanoskala kontrolliert herzustellen, vermehrt genutzt wird, rückt die Nanomedizin zunehmend in den Fokus von Forschern, Therapeuten, Medizingeräte- und Arzneimittelherstellern. Wichtige Anwendungsgebiete

88 <http://medi-wing.de/foerdermassnahmen/molekulare-bildgebung/laufende-vorhaben/peptide-tracer/>

89

http://www.medica.de/cipp/md_medica/custom/pub/content,oid,54326/lang,1/ticket,g_u_e_s_t/src,Wa_r_u_m_Theranostik_Sofia_Dembksi_Fraunhofer_ISC/~Theranostik_Komplexe_Partikel_f%C3%BCr_die_Medizin_von_morgen.html

90 nanoDE-Report 2013, BMBF, Mai 2014

91 Nanonow, Mai 2007, 16ff

te dabei sind der gezielte Wirkstofftransport für die Diagnostik und Therapie, sowie eine detailliertere bildgebende Analytik zum verbesserten Verständnis von Krankheitsursachen und -abläufen, denn Zellfunktionen, Transportprozesse in Membranen, Reproduktionsprozesse in Geweben oder die Signalleitung in Biomaterialien laufen im sub-Mikrometer bis Nanometer Bereich ab.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Erfolge in der Nanomedizin wird es nur geben können, wenn interdisziplinäre Forschungs- und Arbeitsstrukturen frühzeitig mit pharmazeutischen und klinischen Anforderungen vernetzt werden. Dazu müssen Materialentwickler, Chemiker, Physiker und Biologen mit Pharmazeuten, Klinikern, Medizingeräteherstellern, Therapeuten und anderem Fachpersonal zusammenarbeiten, um bedarfsgerechte Innovationen für Patienten auf den Markt zu bringen. Das medizinische Verständnis wird zunehmend auf der Molekularebene generiert werden und daher auf unterschiedlichsten naturwissenschaftlichen Disziplinen und Technologien basieren. Medizinischer Fortschritt wird also mehr und mehr auf Erfolge in nicht medizinischen Bereichen wie der Werkstoffentwicklung, der Bildgebung, oder der Oberflächenfunktionalisierung und -strukturierung und ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern angewiesen sein. Auch wird es notwendig werden, die klassischen regulatorischen medizinischen Zulassungsverfahren mit den interdisziplinär bedingten neuen Anforderungen nanobiomedizinischer Produkte zu kombinieren (beispielsweise der Regulierung des Einsatzes von Nanopartikeln). Hinsichtlich der Gesundheitsvorsorge von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern kann Theranostik ebenfalls Relevanz erlangen. Klassische Behandlungsstrategien könnten dahingehend verbessert werden, dass ein Patient eine speziell für ihn angepasste Therapie erhalten wird. Personenspezifische Nebenwirkungen werden mehr und mehr vermieden werden können und Krankheitsfolgen dadurch zunehmend reduziert. Dies bedeutet aber, dass der Präventivmedizin eine höhere Bedeutung zukommt: Auch wer keine Krankheitsanzeichen hat müsste regelmäßig zu Vorsorgeuntersuchungen gehen, damit Krankheiten möglichst vor ihrem Ausbruch bzw. so früh wie möglich diagnostiziert und in der Folge therapiert werden können. Dem zukünftigen Patienten müssten diese Möglichkeiten plausibel gemacht werden, denn nur informierte Bürgerinnen und Bürger werden diese Screenings wahrnehmen.

Von Interesse für Gewerkschaften und Betriebsräte könnte auch die ethische Dimension des Themas sein. Solange die neuen medizinischen Möglichkeiten nur der Gesunderhaltung dienen, sind wohl keine grundsätzlichen ethischen Bedenken zu erwarten. Da jedoch bei den personalisierten, prädiktiven Methoden und umfassenden präventivmedizinischen Screenings umfangreiche sensible Informationen anfallen, die bspw. auch für den Versicherungssektor interessant sind, können ethische oder gesellschaftliche Fragestellungen zum Umgang mit diesen Daten entstehen. Zudem werden die Behandlungsmethoden zunächst sehr kostenintensiv sein. Können diese also in jedem Alter des Patienten bezahlbar angewendet werden?

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none">• Derzeit noch überwiegend FuE• Starkes Industrieinteresse vorhanden
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none">• Neue Fachkenntnisse erforderlich, Kooperation zwischen diversen Bereichen notwendig• Verbesserung der Gesundheit von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern durch Vorsorge
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none">• Eher inkrementelle Entwicklung
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none">• Deutschland bei FuE mit führend• Umsetzung nur durch branchenübergreifende Zusammenarbeit möglich

„Querschnittsthema“

„Lernfabriken“ zur Kompetenzerweiterung der Beschäftigten für den Umgang mit neuen Werkstoffen

Worum geht es?

Neuerdings wird – neben der Projektförderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) – zunehmend auch eine deutlich stärkere industriepolitische Ausrichtung des Themas „Neue Werkstoffe“ zur Stärkung des Themas in den Unternehmen im Bereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) diskutiert.⁹² Thematisiert wird dabei u.a. der große Handlungsbedarf in der Aus- und Weiterbildung sowohl im akademischen als auch im gewerblichen Bereich. Neue Werkstoffe sind ein entscheidender Innovationstreiber für fast alle Lebens- und Technikbereiche. Sie erhöhen z.B. den Wirkungsgrad von Solarzellen und Kraftwerken, verringern den Verbrauch von Kraftfahrzeugen, ermöglichen die Elektromobilität und reduzieren somit Abgasemissionen. Sie können daher dem Klimawandel entgegen wirken und die Ressourceneffizienz in Industrie und Gesellschaft erhöhen.⁹³ Bei der Nutzung sich eröffnender Innovationschancen kommt der Sicherung und dem Ausbau des vorhandenen Wissens eine Schlüsselrolle zu. Dabei spielt – neben einer guten Hochschulausbildung – auch die gute Ausbildung von Facharbeitern, Meistern und Technikern eine tragende Rolle in Deutschland.

Lernfabriken (oder auch Learning Factories) sind seit kurzer Zeit in steigender Anzahl in Deutschland zu finden.⁹⁴ Sie sollen dabei helfen, sowohl Beschäftigte aus Unternehmen als auch Studierende und Auszubildende in einem realitätsnahen Fertigungs- und Prozessumfeld zeitnah zu qualifizieren bzw. weiter zu qualifizieren. Der Wissenstransfer durch Lernfabriken erfolgt dabei u.a. auf Basis praxisorientierter Planspiele. Gegenwärtig wird vor allem im Kontext der industriepolitischen Diskussion über Industrie 4.0 u.a. der hohe zukünftige Stellenwert solcher Lernfabriken thematisiert. Mit den Lernfabriken soll gewährleistet werden, dass auch kleine und mittlere Betriebe die Chancen neuer Entwicklungen nutzen können. Lernfabriken gelten als innovative Ergänzung im Bereich Lehr- und Lernumgebung zur Aus- und Weiterbildung. Mit den in Baden-Württemberg zukünftig an einigen ausgewählten beruflichen Schulen angesiedelten Lernfabriken sollen die Teilnehmenden z.B. an die Bedienung von Anlagen auf der Basis realer Industriestandards herangeführt werden. Baden-Württemberg erhofft sich damit zukünftig ein weiteres Alleinstellungsmerkmal im internationalen Wettbewerb.⁹⁵

Lernfabriken mit Fokus auf Neue Werkstoffe können eine sinnvolle Ergänzung zu bestehenden Angeboten an Hochschulen, beruflichen Schulen und der Bildungslandkarte zum Themenfeld Neue Werkstoffe, die im Auftrag des BMBF gepflegt wird,⁹⁶ sein. Bisher wird der neue Ansatz der Lernfabrik, echte Praxisbedingungen für Zielgruppen wie Auszubildende in dualen Ausbildungsgängen, Teilnehmenden an Technikerschulen oder an Weiterbildungslehrgängen/Trainingsangeboten, in Bezug auf Neue Werkstoffe jedoch kaum thematisiert.

92 <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/bestandsaufnahme-leichtbau-in-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

93 https://www.bmbf.de/pub/Vom_Material_zur_Innovation.pdf

94 <http://www.esb-business-school.de/forschung/forschungsprojekte/nil-netzwerk-innovativer-lernfabriken/>

95 <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/foerderaufruf-zu-lernfabriken-40-an-beruflichen-schulen-in-baden-wuerttemberg/>

96 <http://www.werkstofftechnologien.de/kompetenzkarten/bildungslandkarte-werkstoffe/#/?se=u27uzmqc2yde>

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Die gegenwärtige industriepolitische Diskussion über notwendige neue Formen des Lernens im Themenbereich Neue Werkstoffe hat im Laufe des Jahres 2015 im BMWi begonnen. Eine Konkretisierung der Inhalte zu Aus- und Weiterbildung/Lernfabriken ist noch offen. Es geht darum, handlungsorientiert „Querschnittskompetenzen“ bei den Beschäftigten zu neuen Werkstoffen zu fördern, auf die Unternehmen aufbauen können. Zielgruppe sind vor allem Beschäftigte aus kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU). KMU stehen im Vergleich zu Großunternehmen an einem anderen Ausgangspunkt bei neuen Werkstoffen und ebenso sind sie im Bereich der Personalentwicklung anders aufgestellt. Die Weiterbildung in KMU ist häufig eng an auftretende Qualifizierungslücken gebunden. Die verantwortlichen Führungskräfte sehen sich bisher eher selten in der Rolle des Personalentwicklers, der vorausschauend und strategisch Qualifikationen in der Belegschaft aufbaut.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Innovationen aus dem Bereich neuer Werkstoffe sind ein Schlüssel für die Sicherung und den Ausbau des Wirtschafts- und Beschäftigungsstandortes Deutschland. Neue Werkstoffe können sehr dabei helfen, die Material- und Energieeffizienz zu steigern, die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie zu erhöhen und einen Ausbau bzw. eine Stabilität bei Beschäftigung in Deutschland zu erreichen. Immer kürzere Innovationszyklen verändern die traditionelle Struktur der Produktion und der Wirtschaft insgesamt. Damit aus vielversprechenden Materialien innovative Produkte werden, sind Kooperationen von Wirtschaft, Arbeitnehmern, Bildung und Wissenschaft und eine starke Vernetzung erforderlich. Dazu gehören auch ausgeprägte und erweiterungsfähige Kompetenzen („ausgeprägte Fähigkeit zur Requalifizierung“), die Beschäftigte in speziellen Lernfabriken erlernen und die ihnen einen adäquaten Umgang mit immer wieder neuen Werkstoffen ermöglichen. Gewerkschaften und Betriebsräte können bei Lernfabriken aktiv sein, z.B. bei Themen wie Arbeitsschutz, stetiges Lernen beim Umgang mit neuen Werkstoffen in der Herstellung und Weiterverarbeitung, betriebliche Mitbestimmung oder lernförderliche Lernumgebungen für eher lernungewohnte Beschäftigte.

Votum aus dem Expertenworkshop

Die Expertinnen und Experten, die am Workshop teilnahmen, votierten dafür, das Thema „Lernfabriken“ nicht auf den Bereich Neue Werkstoffe zu begrenzen sondern es als Querschnittsthema auch in anderen Themenbereichen, wie z.B. der Gesundheitswirtschaft und Umwelt- und Energiewirtschaft, zu berücksichtigen.

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Zurzeit erste vielversprechende Ansätze für eine industriepolitische Aufwertung des Themas „Neue Werkstoffe“ u.a. mit Fokus auf Aus- und Weiterbildung
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Lernfabriken (z.B. an beruflichen Schulen) für den Umgang mit neuen Werkstoffen ermöglichen eine „up-to-date“-Aus- und Weiterbildung, in einem Industriefeld, das mittlerweile eine große Innovationsdynamik aufweist • Eher Zuwachs von Beschäftigung im Bereich Neue Werkstoffe (u.a. im Bereich Recycling) • Eher Höherqualifizierung der Beschäftigten • Stärkere Sensibilisierung der Beschäftigten für Aspekte des Arbeitsschutzes
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Eher inkrementelle Entwicklung, aber enormer Bedarf im Bereich Weiterbildung
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Deutschland kann mit Lernfabriken und gezielter Aus- und Weiterbildung gute internationale Stellung stärken

Themen

„Weiter beobachten“



Das Supermaterial der Zukunft: Graphen

Worum geht es?

Kohle, Graphit und Diamant sind schon seit langer Zeit bekannt, genutzt und bewundert. Anfang der 1990er Jahre kamen weitere Kohlenstoffmodifikationen dazu: Darunter das wie ein Fußball aussehende Fulleren, die röhrenförmigen ein- und mehrwandigen Karbonnanotubes (CNT) und seit den letzten zehn Jahren auch das Graphen. Bei all diesen Modifikationen handelt es sich um Materialien aus reinem Kohlenstoff, jeweils in unterschiedlicher Anordnung. Einfach skizziert, stellt Graphen eine oder wenige Lagen des Graphits dar, ist daher ein zweidimensionales Material mit bienenwabenartiger Struktur und besitzt dadurch bisher nicht erreichte Eigenschaften: Es ist bezogen auf sein Gewicht um ein Vielfaches fester als Stahl oder auch Diamant, es besitzt extrem hohe elektrische und thermische Leitfähigkeiten und ist dabei auch noch nahezu transparent und flexibel. Graphenschichten oder Graphenflochten lassen sich zukünftig in Form von dünnen Schichten, als Materialmischung oder als Trägersubstanz prinzipiell in zahlreichen Branchen anwenden:

- Informations- und Kommunikationstechnik: als transparente leitfähige Elektroden in Displays und Solarzellen
- Kunststoffindustrie: in Kunststoffen eingemischt, können sie die Festigkeit sowie die Gasdichtigkeit von Bauteilen, Verpackungen und Isolationsmaterialien immens erhöhen
- Pharmaindustrie: Nutzung von Graphen als sogenanntes Wirkstofftaxi für Therapeutika
- Energietechnik: Elektroden in Batterien, Brennstoffzellen und Superkondensatoren lassen sich stabiler und kapazitiver herstellen
- Elektronik: Computerprozessoren benötigen für Schaltfunktionen deutlich weniger Leistung und können immens schneller Daten verarbeiten
- Luftfahrtindustrie: Materialmischungen mit Graphen sollen den Leichtbau revolutionieren und helfen, Ressourcen und Energie beträchtlich einzusparen

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Die Ergebnisse der Graphenforschung haben eine anhaltende Euphorie ausgelöst. Stetig kommen neue Anwendungsaspekte hinzu, wodurch Unternehmen und Märkte auf diese Entwicklung aufmerksam werden. Obwohl sich für den Endverbraucher derzeit noch keine kommerziellen Produkte finden, wird weltweit angenommen, dass eine tiefgreifende Entwicklung neuartiger Produkte mit deutlich verbesserter Funktion bei gleichzeitig ressourcenschonenderem Materialeinsatz bevorsteht.⁹⁷ Um hier an der vordersten Forschungsfront mitzugestalten und das Potenzial für außergewöhnliche Anwendungen nutzen zu können, wurde 2013 durch die Europäische Kommission das sogenannte Graphene-Flagship-Projekt initiiert.⁹⁸ Über 140 Organisationen aus 23 Ländern wollen mit einem Konsortium innerhalb der nächsten zehn Jahre regelrechte Innovations sprünge mit Graphen erreichen. Die EU will daher zusammen mit den beteiligten Ländern die Forschung und Entwicklung zu Graphen mit etwa eine Milliarde Euro fördern. Diese Förderabsicht bewirkt zudem weitere nationale und regionale Graphenaktivitäten,⁹⁹ so dass mittlerweile in jeder Industrienation, aber auch in aufstrebenden Ländern, Graphen-Projekte, Patentaktivitäten und Prototypentwicklungen vorangetrieben werden.

97 „Der Graphen-Hype“, bild der wissenschaft 10-2014

98 <http://graphene-flagship.eu/>

99 http://graphene-flagship.eu/?page_id=42#.Vd7hpWfwDDc

Derzeit werden Graphenmaterialien noch nicht in Deutschland hergestellt. Forschungseinrichtungen beziehen diese aus unterschiedlichen Ländern, doch wird bemängelt, dass die Graphenqualität noch zu ungleichmäßig ist und somit die verlässliche Produktentwicklung nur erschwert möglich ist. Durch chemische Synthese hergestellte Graphenschichten lassen sich mit Beschichtungsmaschinen von Aixtron in Deutschland produzieren, wobei die Hauptkunden von Aixtron gegenwärtig eher im asiatischen Raum zu finden sind.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

In Deutschland fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Materialforschungsprogramms¹⁰⁰ bereits seit 2006 Projekte zum Themenfeld Graphen. Doch erst seit 2010 wurden die FuE-Anstrengungen ausgeweitet, neben Universitäten und Instituten zunehmend mit Beteiligung von Unternehmen wie Siemens, Airbus, Aixtron, Eckart GmbH (ein Unternehmen der Altana Gruppe), AMG Mining AG, Saueressig GmbH, cellasys GmbH, AiCuris GmbH oder der AMO GmbH. Die Inhalte dieser ersten FuE-Projekte betreffen die Kunststoffverarbeitung, Rolle-zu-Rolle Druckprozesse und die Herstellung elektronischer Schaltkreise.¹⁰¹ In Deutschland wird die großtechnische Nutzung von Graphen höchstwahrscheinlich zuerst in der chemischen Industrie erfolgen, wohingegen in den USA (IBM) und Korea (Samsung) erste graphenbasierte Prototypen in der Elektronik, bei Displays und in der Batterieherstellung vorliegen.¹⁰²

Aktuell werden weltweit Wertschöpfungsketten mit Graphen gestartet. Da davon auszugehen ist, dass sich in Zukunft auf Basis der FuE-Erkenntnisse neue oder verbesserte Produkte auf Graphenbasis herstellen lassen, werden sich auch Materialhersteller, Facharbeiter in der Chemie- und Energiebranche, Zwischenhändler sowie weitere Akteure Kenntnisse über das neue Supermaterial und seine Einsatzmöglichkeit aneignen müssen. Zudem liegen bisher noch kaum toxikologische Untersuchungen über die Auswirkungen bei menschlicher Exposition oder bei der Eintragung in die Umwelt vor. Erste Hinweise auf Graphen beim Arbeitsschutz finden sich derzeit in Dokumenten der Industriegewerkschaft Bergbau Chemie Energie.¹⁰³ Noch ist dabei unklar, ob die bestehenden Arbeitsschutzmaßnahmen für Nanomaterialien auch für Graphen genügen. Weiterhin sind Recyclingaspekte oder Simulation und Modellierung zum Materialverhalten entlang des Lebenszyklus bei der Graphennutzung noch in die FuE-Aktivitäten des BMBF, der EU oder weiterer Organisationen einzubinden. Zur Ausarbeitung sämtlicher FuE-Fragen zu Graphen soll das Graphene-Flagship-Projekt der EU beitragen. Die Umsetzung der nutzbaren Erkenntnisse wird danach durch die Industrie erfolgen.

100 <http://www.bmbf.de/de/22950.php>

101 Förderkatalog des Bundes, www.foerderkatalog.de

102 <http://www.welt.de/print/wams/wissen/article107613629/Der-Stoff-aus-dem-die-Zukunft-ist.html>

103 <http://www.igbce.de/vanity/renderDownloadLink/224/15052> und
<http://www.igbce.de/vanity/renderDownloadLink/224/76344>

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • EU fördert Grundlagen- und Anwendungsforschung mit erheblichen öffentlichen Mitteln • Markteintritt steht in verschiedenen Branchen an
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigungsentwicklung noch unklar • Neue Fachkenntnisse erforderlich • Evtl. zusätzlicher Arbeitsschutz notwendig
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Eher disruptive Entwicklung
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • In der Forschung führende Rolle Europas; Stand in Deutschland vergleichsweise gut • In der Umsetzung Korea, USA und China schneller

Innovationsprung bei Sonnenenergie: Perowskit-Materialsysteme

Worum geht es?

Solarzellen sind ein strategisches Thema in der politischen Diskussion zur Energiewende in Deutschland. Sie sollen energieeffizient sein, möglichst lange halten und relativ preisgünstig sein. Auf deutschen Dächern findet man aktuell fast durchweg Solarzellen aus Silizium. Dies ist bereits in einer von der Hans-Böckler-Stiftung beauftragten Studie¹⁰⁴ 2010 dargestellt. In dieser Studie sind diverse Solarzellenkonzepte aufgeführt. Nicht aufgeführt allerdings, da vor fünf Jahren kaum erwähnenswert, sind die Solarmodule auf Perowskitbasis¹⁰⁵ die eine rasche Erneuerung und Veränderung auf dem Sonnenenergiemarkt bewirken können.

- Der Photovoltaikmarkt in Deutschland besteht zu etwa 90 Prozent aus Wafer-basierten mono- oder multikristallinen Silizium-Modulen, zu etwa 8 Prozent aus sogenannten Glasbasierten CdTe-Zellen und zu etwa zwei Prozent aus sogenannten CIS- oder CIGS-Elementen (Stand 2013).¹⁰⁶
- Die höchsten im Labor erreichten Wirkungsgrade für Siliziumzellen betragen etwa 25 Prozent.
- Beginnend in 2006 wurden Solarzellen mit Perowskitstrukturen und Wirkungsgraden von 0,4 bis 2 Prozent hergestellt, die erst kürzlich auf beeindruckende 20 Prozent (von einer koreanischen Forschergruppe) gesteigert werden konnten. Damit haben die Perowskitzellen andere Technologien mit amorphem Silizium, organischen Halbleitern oder Farbstoffen bereits deutlich übertroffen.¹⁰⁷ Nie zuvor wurde die Effizienz neuartiger Solarzellen in einem so kurzen Zeitraum so stark gesteigert.

Angesichts dieser Entwicklung sind die weltweite und die deutsche Photovoltaikgemeinschaft zunehmend auf Perowskite aufmerksam geworden. Die bisher im Labor durchgeführten Prozessierungsschritte lassen zudem weitere Vorteile der Perowskit-Solarzellen erkennen:

- Prinzipiell lassen sich Perowskit-Solarmodule durch sogenannte Rolle-zu-Rolle-Verfahren mit Flüssigbeschichtung bei etwa 100°C auf Folie aufziehen und somit kostengünstig, flexibel und bei geringem Energieeinsatz hergestellt werden.
- Perowskitzellen sind erheblich kostengünstiger herzustellen als Siliziumzellen. Experten erwarten, dass bei der Massenherstellung Kosten von 10 bis 20 Cent pro Watt Nennleistung erreichbar sind, Silizium-Zellen kosten heute pro Watt um die 70 Cent bis 1,1 Euro.¹⁰⁸
- Das Argonne National Laboratory hat errechnet, dass unter Einbeziehung des gesamten Lebenszyklus bei der Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung von Solarmodulen die Energieamortisierungszeit, also der Vergleich von bei der Herstellung eingebrachter Energie mit der durch das Solarmodul erzeugten Energie, bei den Perowskit-basierten Modulen nur zwei bis drei Monate beträgt. Dies ist deutlich kürzer als das Zeitintervall von zwei Jahren bei Siliziummodulen.¹⁰⁹

104 „Der Photovoltaik-Standort Deutschland – go vadis?“, Düsseldorf 2010, http://www.boeckler.de/pdf_fof/S-2009-328-1-1.pdf

105 Perowskit beschreibt eine schon lange bekannte Mineralklasse mit einer würfelförmlichen Gitterstruktur

106 <http://www.pv-fakten.de>

107 http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg

108 <http://www.spektrum.de/news/fotovoltaiik-solarzellen-aus-perowskit/1218435>

109 <http://www.anl.gov/articles/perovskite-solar-technology-shows-quick-energy-returns>

Berücksichtigt man zudem, dass die Perowskizelle einen anderen Bereich des Sonnenspektrums ausnutzt als Silizium, so wären beide auch sehr gute Partner für hocheffiziente Tandemzellen zur Nutzung von Sonnenenergie mit Wirkungsgraden von weit mehr als 30 Prozent.¹¹⁰

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Der weltweite Energiebedarf wird sich bis 2050 etwa verdoppeln und die Photovoltaik wird einen erheblichen Teil zur Deckung dieses Bedarfs beitragen müssen. Perowskit-Solarzellen bieten die Chance für Unternehmen und Beschäftigte in Deutschland international wettbewerbsfähige Lösungen und Produkte für eine kostengünstige Energieversorgung zu entwickeln und herzustellen; dem Industriestandort Deutschland kann dies im Bereich Umweltwirtschaft zu einem Innovationssprung verhelfen. Es kommt dabei darauf an, alle wesentlichen Teile der Wertschöpfungskette, von der Materialentwicklung über die Aufskalierung bis hin zur Produktentwicklung bereits zu einem frühen Zeitpunkt abzudecken. In Deutschland sind dafür die Voraussetzungen bisher gut, denn deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen haben sich in den letzten Jahren eine starke Position in der Forschung und Entwicklung der organischen Elektronik erarbeitet, einschließlich der organischen Photovoltaik. Hierzu gehören auch Kompetenzen im Maschinenbau (zum Beispiel bei Fertigungsverfahren für großflächige Beschichtungen), bei der Materialentwicklung in der Chemie sowie bei der Umsetzung in organische Elektronikkomponenten (wie zum Beispiel für OLEDs).

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Niedrige Materialkosten und ein geringer Materialeinsatz durch Dünnschichttechnologie machen Perowskit-Solarzellen zu einer vielversprechenden Alternative bei der notwendigen Kostensenkung photovoltaischer Elemente. Experten gehen davon aus, dass erste kommerzielle Module in zwei Jahren am Markt sein können.¹¹¹ Probleme bei der Herstellung Perowskit-basierter Module bestehen bei der Verkapselung der Wasser bzw. Luftfeuchtigkeit empfindlichen Materialien, da die Perowskite Blei enthalten, welches bei einem Brand oder unsachgemäßer Entsorgung entweichen könnte. Beide Aspekte werden derzeit in Forschungsprojekten in Angriff genommen. Im Erfolgsfall können umweltfreundliche Perowskit-Solarzellen mit beachtlichem Marktpotenzial hergestellt werden, beispielsweise als Fassadenelemente für die Gebäudeintegration. Das kann einerseits zu neuen Arbeitsplätzen führen, andererseits besteht aber auch die Möglichkeit, dass bestehende Arbeitsplätze in der Silizium-Solarindustrie durch solche in neuen Zellfertigungslinien ersetzt werden. Hierfür können eventuell auch neue Qualifikationsanforderungen entstehen. Zudem können sich neue internationale Konkurrenzsituationen ergeben, oder zusätzliche Umweltauflagen zu erfüllen sein, wodurch Arbeitsplätze betroffen sein können.

Thesen/vorläufiges Fazit

Speziell die organische Elektronikindustrie in Deutschland mit ihren Beschäftigten, muss sich frühzeitig auf die Perowskit-Solarzellenherstellung einstellen, um rechtzeitig eine gute und nachhaltige Position im internationalen Wettbewerb zu erreichen. Hierbei ist auch zu klären, an welchen Stellen eine innovations- beziehungsweise industriepolitische Unterstützung für dieses neue Themenfeld durch Gewerkschaften und Betriebsräte sinnvoll ist.

110 http://www.helmholtz-berlin.de/pubbin/news_seite?nid=14342&sprache=de&typoid=5272

111 <http://www.anl.gov/articles/perovskite-solar-technology-shows-quick-energy-returns>

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none">• Beginn anwendungsorientierter Forschung gemeinsam mit Industrie• Markteintritt frühestens in 2-3 Jahren
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none">• Beschäftigungsentwicklung noch unklar• Neue Anforderungen an Qualifizierung möglich
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none">• Eher gering, eher inkrementelle Entwicklung
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none">• In der Forschung besitzt Südkorea führende Rolle• Deutschland in der Umsetzung gut aufgestellt

Maker und FabLabs – Neue Impulse für Innovation und die Umweltwirtschaft

Worum geht es?

In der Öffentlichkeit genießen sie mittlerweile eine recht hohe Aufmerksamkeit: Die „Maker“. Maker oder auch Tüftler sind im Prinzip Personen, die mit eigenen Mitteln in der Regel in ihrer Freizeit ein (schwieriges) technisches Problem zu lösen suchen durch Ausprobieren und Nachdenken, ohne den Einsatz besonders kostspieliger Mittel zu benötigen. Sie organisieren sich heute z.B. in Makerspaces oder FabLabs, wo sie z.B. mit neuester Software, Mikroelektronik, 3D-Druckern, CNC-Fräsen, Wasserstrahlschneiden und Laserschneidern Prototypen für diverse Produkte herstellen. Diese FabLabs sind in der Regel offene, demokratische Werkstätten mit dem Ziel, Privatpersonen den Zugang zu Produktionsmitteln und modernen industriellen Produktionsverfahren für Einzelstücke zu ermöglichen. FabLabs gibt es mittlerweile in rund 40 Orten in Deutschland.¹¹² In Deutschland finden auch seit 2012 große Makeressen statt, bei den sich die Maker-Begeisterten treffen und basteln, bauen, erfinden, experimentieren, lernen, recyceln, inspirieren etc.¹¹³

Der Maker-Szene geht es vor allem darum, dass Soft- und Hardware für jedermann offen stehen und neue Formen des Wirtschaftens entstehen. Programmiercodes und Baupläne, Bilder und Beschreibungen, alles soll frei benutzt und verändert werden können. Patente, wie sie heute meist von Unternehmen angemeldet und gehalten werden, spielen in dieser Denkart keine Rolle. Es sollen möglichst viele Bereiche des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens abgedeckt werden: Wohnen, Energie, Ernährung, Mobilität, die Kommunikation mit Sensorik und dem Internet der Dinge und Dienste. Der Ansatz der „Share Economy“ wird von den Makern bereits gelebt.¹¹⁴ Außerdem spielt „Crowdfunding in der Szene eine wichtige Rolle. Die Maker denken bei Ihren Aktivitäten mittlerweile auch verstärkt in Richtung Umwelt und Umweltwirtschaft.¹¹⁵ Es soll z.B. stärker in die Richtung „Upcyclen“ statt Recyceln gehen.¹¹⁶ Sollte sich diese Denkart verstärkt durchsetzen, könnten neuen Formen des Wirtschaftens und des Arbeitens entstehen.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat, um sich dem Thema besser annähern zu können, zunächst in der Make Light Initiative und später im Rahmen seiner Aktivitäten im Bereich Foresight das Thema Maker bzw. „Deutschland zum Selbermachen im Jahr 2030“ beleuchten lassen. Bei Foresight handelt es sich um einen strategischen Prozess des BMBF zur Technologievorausschau. Er soll Entscheidungsgrundlagen für die aktuelle Forschungs- und Innovationspolitik liefern.¹¹⁷ Mittlerweile hat das BMBF das Thema bzw. die Vision auf seine klassische Projektförderung heruntergebrochen und sondiert damit, inwieweit Entwicklungen und Strukturen aus der Maker-Szene für das Innovationssystem in Deutschland nutzbar gemacht werden können.

112 <http://fabrikationslabor.de/fablabs-in-deutschland/>

113 Siehe z.B. <http://maker-faire.de/>

114 Share Economy ist eine Bezeichnung für Organisationen oder Personen, deren Geschäftskonzept gekennzeichnet ist durch die gemeinsame, zeitlich begrenzte Nutzung von Ressourcen, die nicht dauerhaft benötigt werden.

115 <http://www.swaki.de/makerfaire-2013>; <http://www.utopia.de/magazin/wie-nachhaltig-ist-3d-druck>

116 <http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/die-welt-der-bastler-batman-mit-luftpumpe-13031298-p3.html>

117 <http://www.bmbf.de/de/mit-foresight-in-die-zukunft-schauen-930.html>

Das BMBF hat die Maker-Szene mittlerweile mit Wissenschaft und Industrieunternehmen in Kontakt gebracht. Daraus sollen sich u.a. Impulse für bestehende Forschungs- und Entwicklungsansätze im Bereich der Photonik ergeben. Ein Beispiel dafür ist die im Jahr 2015 verkündete erste Open-Source-Bekanntmachung „Open Photonik“. Mit dieser Maßnahme fördert das Ministerium insgesamt zehn Projekte mit rund zehn Millionen Euro.¹¹⁸ Diese Projekte sollen erstmals auch die direkte und unmittelbare Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern an Forschungsprojekten ermöglichen. So ist z.B. geplant, Projekttreffen öffentlich z.B. im Rahmen von Makermessen durchzuführen. Mit diesem Ansatz können nicht nur neue Impulse für das deutsche Innovationssystem gesetzt, sondern auch deutliche Veränderungen in den gegenwärtigen Industriestrukturen ausgelöst werden.

Weltweit führend bei FabLabs und Makern sind die USA. In den USA hat Präsident Obama vor kurzem die USA als „Nation of Makers“ ausgerufen.¹¹⁹ Unternehmen wie z.B. Intel und Google arbeiten z.B. seit einiger Zeit sehr engagiert mit Makern in sehr unkomplizierten Strukturen zusammen und lassen die Tüftler mit einem kleinen Budget einfach mal etwas ausprobieren und einen Prototypen bauen. In Kürze kommen die Maker im Rahmen einer Reality sogar in das US-Fernsehen.¹²⁰

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Die gegenwärtige Dynamik z.B. beim 3-D-Druck ist insbesondere auf innovative Nutzer vor allem aus der Makerszene zurückzuführen und weitaus weniger auf strategische Entwicklungsprozesse großer Unternehmen. Für die meisten Industrieunternehmen ist das Denken in Prinzipien der interaktiven Wertschöpfung, wie sie bei den Makern zu finden sind, noch sehr neu.¹²¹ Es gibt allerdings bereits einige Unternehmen, wie z.B. BMW und Infineon, die durch die Zusammenarbeit mit den Makern näher an zukünftig wegweisende Innovationen herankommen möchten.¹²² Große Industrieunternehmen in Deutschland könnten über diesen neuen Innovationsweg gestärkt werden. Zudem könnten zusätzliche Produkte/Geschäftsideen in KMU in punkto Umweltwirtschaft entwickelt werden, die eine zusätzliche Beschäftigung bewirken können. Teilweise werden jedoch auch Rückgänge bei der Beschäftigung in einigen etablierten Branchen vorausgesagt.¹²³ Es können jedoch auch Verlagerungen der Produktion in kleine Unternehmen (z.B. Erweiterungen der FabLabs), die genossenschaftlich organisiert sind, stattfinden, in denen Gewerkschaften und Betriebsräte eher geringer vertreten sind als in Großunternehmen. Insbesondere in solchen kleinen Unternehmen wäre dann z.B. bei aufwendigen Arbeiten ein hochqualifiziertes Personal mit ausgeprägten Kenntnissen in Bezug z.B. auf Neue Werkstoffe und Informations- und Kommunikationstechnologien notwendig.

118 <https://www.bmbf.de/de/maker-szene-2128.html>

119 <https://www.whitehouse.gov/nation-of-makers>

120 <http://makezine.com/2015/08/19/intel-americas-greatest-makers/>

121 <https://www.daimler-benz-stiftung.de/cms/2-nicht-kategorisiert/126-10-innovationsforum-macht-und-innovation-iii.html>

122 <https://www.muenchen.ihk.de/de/WirUeberUns/Publikationen/Magazin-wirtschaft-/Aktuelle-Ausgabe-und-Archiv2/magazin-2-2015/Betriebliche-Praxis/maker-bewegung-innovationen-basteln>

123 <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/beruf-und-buero/buero-special/3d-druck-schafft-arbeitsplaetze-verdienstmoeglichkeit-3d-codes/8985890-3.html>

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Zurzeit erste vielversprechende Ansätze für neue Impulse durch Maker für Innovation und Umweltwirtschaft
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Unklare Auswirkungen bei Beschäftigung, da diese Entwicklungen auch jenseits des heute etablierten Produktionssystems sein können • Arbeitsplätze könnten einer Verlagerung von Großunternehmen hin zu Kleinunternehmen unterliegen, die eher genossenschaftlich organisiert sind, dort eher geringe Präsenz von Gewerkschaften und Betriebsräten • Aspekte des Arbeitsschutzes könnten beim Selbermachen in Kleinunternehmen unterminiert werden
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Ja, etablierte Strukturen in Wirtschafts- und Arbeitswelt können sich bei starker Verbreitung des Maker-Ansatzes deutlich verändern
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Deutschland hat gegenwärtig gute internationale Stellung, USA liegen vorn

Metallische Gläser – Stahlhart und doch formbar

Worum geht es?

Ohne Metalle wird die Industrie zumindest mittelfristig nicht existieren können, und um innovative Entwicklungen weiterhin anzustoßen, sind neue Metalleigenschaften von hohem Interesse. Darunter fallen unter anderem auch die Eigenschaften der metallischen Gläser, welche sich aus bestimmten Metalllegierungen unter besonderen Voraussetzungen herstellen lassen.

Unter metallischen Gläsern versteht man Legierungen, die nicht in kristalliner, sondern in amorpher, glasartiger Struktur vorliegen und diesen Zustand über einen Phasenübergang (den sogenannten „Glasübergang“) erreichen. Dazu ist es notwendig, die Kristallisation durch rasches Abkühlen der Schmelze zu verhindern, wobei Abkühlraten von bis zu einer Million Grad pro Sekunde vorliegen können.¹²⁴ Aufgrund der begrenzten Wärmeleitfähigkeit ist folglich die Herstellung massiver Bauteile extrem schwierig. Daher werden komplexe Legierungszusammensetzungen aus unterschiedlich großen Elementen erforscht, um die Glasbildung zu beeinflussen.¹²⁵ In der Vergangenheit wurden im Wesentlichen dünne Folien, Bänder und Fasern aus metallischen Gläsern hergestellt, doch heute ist es auch möglich, kleine massive Bauteile aus geeigneten Legierungsmaterialien zu fertigen, z.B. auch durch Spritzguss bei unter 300 °C.¹²⁶ Durch die fehlende Kristallisation kommt es nicht zu einer Schrumpfung des Formteils beim Abkühlen, was zudem ein hochpräzises Formen des Werkstoffs erlaubt.¹²⁷

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Massive, metallische Gläser können einzigartige Kombinationen von Werkstoffeigenschaften besitzen: Sie sind härter als kristalline Legierungen und haben eine sehr hohe Festigkeit. Dadurch sind sie besonders verschleißbeständig und kratzfest. Sie weisen zudem eine hohe Elastizität auf, d.h. eingebrachte mechanische Energie führt nicht zu einer Verformung, sondern wird als Rückfedern des Materials zurückgegeben. Dabei zeigen sie gleichzeitig eine höhere Korrosionsbeständigkeit als metallische Legierungen ähnlicher Zusammensetzung.¹²⁸

Einige metallische Gläser haben außergewöhnliche weichmagnetische Eigenschaften, was sie vor allem für den Einsatz in Transformatoren interessant macht. Nachteilig ist, dass metallische Gläser sehr spröde sind und bei zu starker Belastung sich nicht verbiegen, sondern schlagartig zerbrechen. Allerdings deuten neuere Entwicklungen darauf hin, dass einige Legierungen eine für bestimmte technische Anwendungen ausreichende Zähigkeit aufweisen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass der Einsatz metallischer Gläser für massive Bauteile mittelfristig zunehmen wird. Neben den besonderen mechanischen und magnetischen Eigenschaften metallischer Gläser ist die Möglichkeit der Formgebung (ähnlich wie bei der Formung von herkömmlichem Glas) eine weitere Motivation für deren Nutzung.¹²⁹

124 <http://www.innovations-report.de/html/berichte/materialwissenschaften/fest-wie-stahl-aber-formbar-wie-kunststoff-metallische-glaeser-gehen-in-produktion.html>

125 <http://www.weltderphysik.de/gebiet/stoffe/metalle/metallische-glaeser/>

126 <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/metallische-glaeser-mit-der-spritzgiessmaschine-verarbeiten-a-494894/>

127 <http://werkstoffzeitschrift.de/metallische-glaser/>

128 http://www.pro-physik.de/details/news/1111797/Verformbares_metallisches_Glas.html

129 <https://theconversation.com/jumbled-arrangement-of-atoms-allows-bulk-metallic-glasses-to-flow-like-honey-41011>

Das derzeitige Anwendungspotenzial reicht von hoch belastbaren Sportgeräten, wie etwa Golf- und Tennisschlägern, Skiern und Fahrrädern, über extrem robuste und schwingungsdämpfende Konstruktionen in der Luft- und Raumfahrt, medizinische Anwendungen, z.B. Skalpelle und Implantate, hochwertigen Schmuck, kratzfeste Gerätegehäuse bis zu Anwendungen in der Energieversorgung, etwa in verlustarmen Großtransformatoren oder in Wasserstoffspeichern.¹³⁰ Diskutiert wird auch, radioaktiven Abfall durch Aufsprühen metallischen Glasmaterials besser zu versiegeln, da durch die korrosionsfeste und korngrenzenfreie Umhüllung ein dauerhafter und sicherer Einschluss erwartet wird.¹³¹ Pionier bei der kommerziellen Herstellung massiver metallischer Gläser ist die amerikanische Firma Liquidmetal Technologies. In Deutschland stellen Firmen wie Vacuumschmelze, Heraeus, Sekels oder Atotech glasartige Legierungsmaterialien, Beschichtungen oder Massivbauteile her.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Wenn metallische Massivmaterialien breit eingesetzt werden, können sie in Konkurrenz zu Edelstahl und Titan treten, z.B. als Strukturmaterialien mit besserer Korrosionsbeständigkeit. Realisierbar sind diese angestrebten größeren Bauteile durch Weiterentwicklung der Legierungszusammensetzungen und der Prozesstechnologie. Mit der Legierungsentwicklung einhergehend werden auch Umformverfahren, z.B. Kalt- und Warmwalzen, und Verbindungstechniken wie Löten oder Schweißen für metallische Gläser nutzbar. Dadurch ließe sich eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten für diese vergleichsweise junge Werkstoffklasse erschließen.

Da die Werkstoffklasse der metallischen Gläser noch ein relativ junger, aber zunehmend anwendungsrelevanter Bereich ist, sind rechtzeitig Weiterbildungsoptionen für die Beschäftigten zu diskutieren. Derzeit sind im Wesentlichen Materialhersteller und Beschichter mit dieser Werkstoffthematik befasst. Doch mit zunehmender Anwendungsbreite eröffnen sich auch für andere KMU im Bereich Leichtbau, Strukturanwendungen oder Massivumformung neue Marktoptionen, die neue Materialkenntnisse voraussetzen. Zudem kann durch branchenübergreifende Zusammenarbeit die Markterschließung schneller vorangetrieben und die Wettbewerbsfähigkeit verbessert werden.

130 http://www.chemie.de/lexikon/Metallisches_Glas.html

131 <https://getinfo.tib.eu/en/search/id/tema%3ATEMA20061205295/Corrosion-resistance-of-iron-based-amorphous-metal/>

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Beschichtungen sind bereits breit in der Anwendung • Bei der Herstellung von Massivmaterialien gibt es bereits erste Produkte, doch erfordert die mögliche Themenvielfalt noch massive Anstrengungen in der Grundlagenforschung
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Durch Integration massiver metallischer Glasmaterialien in Produktionsabläufe ist eine Konkurrenz zu klassischen Stahlanwendungen, wie z.B. im Leichtbau, zu erwarten • Neue Materialeigenschaften der metallischen Gläser bedingen Notwendigkeit für regelmäßige Weiterbildung
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Eher inkrementelle Entwicklung
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Die Positionen am Markt der massiven metallischen Glasmaterialien sind gegenwärtig noch nicht festgelegt • Durch branchenübergreifende Zusammenarbeit verbesserte Wettbewerbsfähigkeit möglich

Mit kalten Plasmen Wunden desinfizieren und heilen

Worum geht es?

Die Weltgesundheitsorganisation hat 2014 vor dem Anbruch einer „postantibiotischen Ära“ gewarnt. Dies ist vor dem Hintergrund eines nur sehr begrenzten Spektrums an zur Verfügung stehenden antibiotisch wirksamen Medikamenten, bei gleichzeitig verstärktem Auftreten von zum Teil gegen eine Vielzahl von Antibiotika resistenten Mikroorganismen geschehen – insbesondere in Kliniken oder in landwirtschaftlichen Betrieben der Massentierhaltung.¹³² So sterben gegenwärtig jährlich weltweit etwa 700.000 Menschen durch Infektionen mit multiresistenten Bakterien. Alleine in der EU werden derzeit jährlich Kosten von 1,5 Milliarden Euro nur durch Antibiotikaresistenzen verursacht. Die OECD prognostiziert für 2050 Verluste von 2,9 Billionen US-Dollar durch Antibiotikaresistenzen in ihren Mitgliedsländern. Nicht zuletzt aus diesen Gründen haben die G7-Gesundheitsminister im Oktober 2015 eine gemeinsame Abschlusserklärung verfasst, die die weltweite Eindämmung von Antibiotikaresistenzen bezweckt.¹³³

Da kurzfristig kaum sogenannte Reserveantibiotika zur Verfügung stehen werden und die schnelle Entwicklung neuer Antibiotika nicht absehbar ist, kommt zur Unterstützung der zeit- und personalintensiven hygienischen Standardmaßnahmen in Kliniken¹³⁴ vor allem technologischen Lösungen zur Vorbeugung gegen Infektionskrankheiten eine deutlich gestiegene Bedeutung zu. So sind Ansätze zur Prozessoptimierung in Krankenhäusern durch den Einsatz von Funk-Chips (Analyse von Lauf- und Ansteckungswegen, Verkürzung von Suchzeiten für medizinische Gerätschaften)¹³⁵ oder antibakteriell wirksame, nanobeschichtete Oberflächen¹³⁶ neue Ansätze, die allgemein zu einer Verbesserung der Hygiene beitragen können. Eine neue Technologie zur direkten Anwendung am Patienten ist der medizinische Einsatz von kaltem Atmosphärendruckplasma zur Behandlung chronischer Wunden und infektiöser Hauterkrankungen.

Kalte Plasmen beinhalten u.a. hochreaktive Ionen, werden jedoch aufgrund der besonderen physikalischen Eigenschaften der sogenannten Plasmaflamme nicht wärmer als Raum- oder maximal Körpertemperatur. In Verbindung mit Luft bilden sich Sauerstoff- und Stickstoffradikale, die dazu in der Lage sind, Bakterien (auch multiresistente Keime), Pilze und Viren abzutöten. Bisher gibt es keine Hinweise auf Resistenzentwicklungen.¹³⁷ Kalte Plasmen werden bereits seit über 20 Jahren zur Sterilisation hit-

132 World Health Organization (2014), Antimicrobial Resistance – Global Report on Surveillance, Genf, http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112642/1/9789241564748_eng.pdf (abgerufen am 14.12.2015)

133 Declaration of the G7 Health Ministers (2015), Berlin, http://www.bmg.bund.de/fileadmin/dateien/Downloads/G/G7-Ges.Minister_2015/G7_Health_Ministers_Declaration_AMR_and_EBOLA.pdf (abgerufen am 14.12.2015)

134 ver.di (2015), drei.54, Schwerpunkt: Hygiene braucht Zeit ... und Personal, <https://drei.verdi.de/2015/ausgabe-54/schwerpunkt> (abgerufen am 14.12.2015)

135 Deutschlandfunk (2015), Mit Funk-Chips gegen Krankenhauskeime, http://www.deutschlandfunk.de/technologie-mit-funk-chips-gegen-krankenhauskeime.676.de.html?dram:article_id=317296 (abgerufen am 14.12.2015)

136 Franz Frisch (2007), Maßgeschneiderte Sauberkeit, Journal für Oberflächentechnik, Volume 47, Issue 4, Seiten 72-74, <http://link.springer.com/article/10.1007/BF03241200> (abgerufen am 14.12.2015)

137 VDI Nachrichten (2013), Kaltes Plasma tötet Keime und schließt offene Beine, <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Kaltes-Plasma-toetet-Keime-schliesst-offene-Beine> (abgerufen am 14.12.2015)

zeempfindlicher Materialien eingesetzt. Die medizinische Anwendung auf biologischen Oberflächen ist allerdings anders und muss besonders schonend sein, damit das zu behandelnde Gewebe selbst keinen Schaden nimmt. Dieser Durchbruch ist in den letzten Jahren gelungen. Entsprechende Plasmaquellen haben mit ca. 10 Watt eine zwanzig- bis hundertfach geringere Leistung als Industriegeräte für die Sterilisation nicht biologischer Materialien. Zudem unterscheidet sich die spezifische Zusammensetzung des Plasmas. Diese ist entscheidend für die Wirkung.

Mit Plasmastiften können in mehreren Sitzungen z.T. seit Jahren bestehende offene Wunden komplett geschlossen werden. Aktuell wird an der Entwicklung großflächiger Plasma-Jets zur Therapie größerer Wunden sowie an Pflastersystemen mit Plasmareservoir in flexiblen Wundaufgaben gearbeitet. Weitere mögliche Einsatzgebiete sind u.a. die Behandlung der Periimplantitis (Parodontitis an Implantaten) in der Zahnmedizin.¹³⁸

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Neben den medizinischen Einsatzmöglichkeiten wird für kaltes Plasma grundsätzlich ein enormes wirtschaftliches Potenzial prognostiziert. Dies führt laut Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie bereits zu einem beginnenden Wettbewerb um günstige Markteinstiegspositionen.¹³⁹ So waren nach Angaben der Nationalen Plattform für Medizintechnik Ende 2014 rund 100 Kaltplasmageräte für die Behandlung chronischer Wunden und infektiöser Hautkrankheiten auf dem Markt.

Der erste Sprung in die medizinische Anwendung ist vollzogen, jedoch müssen Plasmaquellen für jede Indikation spezifisch entwickelt und evaluiert werden. Die Regularien werden gegenwärtig noch sehr weit ausgelegt: Als Medizinprodukte unterliegen die Geräte den entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen. Jedoch gibt es offenbar Hersteller am Markt, die keine klinischen Studien durchgeführt haben. Mit dem Ziel, künftig spezifische Anforderungen für plasmamedizinische Therapien für das Zulassungsverfahren festzuschreiben, wurde mit Fördermitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie eine DIN-Spezifikation erarbeitet und 2014 veröffentlicht.¹⁴⁰ Die Kostenerstattung einer Behandlung durch die Krankenkassen ist laut der Nationalen Plattform Medizintechnik bisher ungerügt.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Die medizinische Anwendung von kaltem Atmosphärendruckplasma hat den Einstieg in den Markt bereits vollzogen, steht jedoch noch vor einem breiten Einsatz. Deutschland gilt auf dem Gebiet als führend. Hervorzuheben sind hier u.a. das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. in Greifswald, die Charité – Universitätsmedizin Berlin, sowie Unternehmen wie Cinogy, neoplas tools und plasma MEDICAL SYSTEMS. Die koordinierende Rolle der sich rasant entwickelnden Aktivitäten hat das Nationale Zentrum für Plasmamedizin e.V. übernommen. Aufgrund des Status als Refe-

138 Nationale Plattform Medizintechnik: Kaltes Plasma – Hotspot der Medizintechnik (2014), <https://www.medizintechnologie.de/infopool/medizin-technologie/2014/kaltes-plasma-hotspot-der-medizintechnik/> (abgerufen am 14.12.2015)

139 Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (2014), "Norm-Plas" – Normung und Standardisierung von Plasmaquellen für biomedizinische Anwendungen, <http://www.inp-greifswald.de/web3.nsf/index?OpenPage&Eintrag=DF158806FEFC8829C1257CBD0046597C> (abgerufen am 14.12.2015)

140 DIN SPEC 91315:2014-06 (2014); <http://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91315/203493369> (abgerufen am 14.12.2015)

renzmarkt für Medizintechnik und der hohen Exportquote deutscher Medizintechnikprodukte (rund zwei Drittel) lassen sich neue Märkte erschließen und Arbeitsplätze sichern und ggf. neue schaffen. Durch antibiotikafreie Infektionsbehandlung kann die Technologie in der Praxis zu einer Verringerung der Ausbreitung (multi-)resistenter Keime speziell in dermatologischen Kliniken und Praxen beitragen und entsprechend das Risiko einer Übertragung solcher Bakterien auf die Beschäftigten erheblich reduzieren. Da es sich um eine neue Methode handelt, werden Qualifizierungsinitiativen für das medizinische Personal für den Umgang mit den Geräten notwendig.

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsorientierte Forschung gemeinsam mit Industrie • Markteintritt findet ansatzweise bereits statt
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherung bestehender Arbeitsplätze gegenüber Wettbewerbern • Ausbau der Beschäftigung durch breiten Markteintritt möglich • Neue Anforderungen an Qualifizierung, Verbesserung des Arbeitsschutzes für Beschäftigte
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Eher gering
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Hohes Potenzial durch prinzipiell vorhandenes Know-how und vorhandene Technologie; Deutschland gilt als führend • Regulatorische Aspekte sind zu klären

Neue funktionale Oberflächen durch intelligentes Schichtdesign

Worum geht es?

Oberflächen umgeben uns ständig. Sie sind für uns sichtbar, wenn es um ihre optische Funktion geht. Doch meist sind die funktionellen Eigenschaften von Oberflächen und Schichten nicht direkt für den Menschen erkennbar. Bereits im Jahre 2005 wurde in der Zeitschrift WSI-Mitteilungen der Hans-Böckler-Stiftung darauf hingewiesen, dass neue funktionelle Eigenschaften von Materialoberflächen durch Strukturierung und Schichtdesign erzielt werden können.¹⁴¹ Funktionsschichten – bspw. auf Glasscheiben oder in Festplatten – waren zwar schon bereits vor zehn Jahren in der Anwendung. Doch innerhalb des letzten Jahrzehnts hat nun die verarbeitende als auch Fertigungsindustrie die vielfältigen Möglichkeiten der Schicht- und Strukturierungsverfahren in den Unternehmen umgesetzt und somit begonnen, das ökonomische Potenzial der Funktionsschichten ertragreich zu nutzen.¹⁴² Durch ein problemangepasstes intelligentes Schichtdesign können zukünftig deutlich verbesserte oder gar völlig neuartige Produktfunktionalitäten erreicht werden, beispielsweise bei magnetischen, optischen und magneto-optischen Eigenschaften, elektrischer Leitfähigkeit, Transparenz für Licht und Wärmestrahlung, Korrosionsbeständigkeit, Minimierung von Reibverlusten, Diffusionskontrolle, katalytischen Eigenschaften, photoleitenden und photovoltaischen Anwendungen oder biologischen Kontakteigenschaften. Die dafür notwendigen Beschichtungen werden bereits heute meist mittels Vakuumverfahren, Abscheidung aus der Gasphase, elektrochemischer Abscheidung oder durch Beschichten aus flüssigen Lösungen hergestellt und gegebenenfalls bereits bei der Herstellung oder in nachfolgenden Schritten geeignet strukturiert.¹⁴³

Funktionale Schichtenaufbauten finden heute ihren Einsatz in nahezu allen Zukunftstechnologien von der Mikro/Nanoelektronik, Optik, Energietechnik, Medizin, Sensorik bis hin zu Verschleißschutzschichten.

- In der Elektronik hält der Trend zur weiteren Verkleinerung der elektronischen Strukturbreiten an. Eine vordringliche Aufgabe dabei ist die Entwicklung ultradünner Barrierschichten.
- Nanoschichten ermöglichen eine dichtgepackte Informationsspeicherung in Festplattenlaufwerken.
- In optoelektronischen Bauelementen dient die Abscheidung und Funktionalisierung von ultradünnen Schichten, teilweise mit Einlagerung von Nanopartikeln, Quantenpunkten oder auch Einzelmolekülen, der Farbwahl und Leistungssteigerung bei der Lichtemission.
- Einlagerung von Partikeln in Lacken, Farben oder Lösungsmitteln erzeugen höchste Härte bei Automobillacken.
- Auf Textilien, Fassaden oder Sanitäreinrichtungen verhindern geeignete Beschichtungen die Schmutzanlagerung.
- Im Optikbereich können Kratzfestbeschichtungen auch weiche Kunststoffoptiken schützen, ohne eine Beeinträchtigung der Entspiegelung zu bewirken.
- Die Vermeidung von Biofilmen im Medizinbereich oder die Generierung von Biokompatibilität bei Implantaten oder Kathedern sind weitere interessante Arbeitsfelder.

141 WSI Mitteilungen 3/2005, Innovationen in neuen Technikfeldern – Die Nanotechnologie, S. 137 ff

142 Nano.DE Report 2013, Status Quo der Nanotechnologie in Deutschland, Bonn, BMBF 2014, S. 34

143 Thin Film Technologies, William Andrew Inc., Springer Verlag 2004

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Die Herstellung von neuen Beschichtungen ist generell gesehen gut entwickelt und teilweise schon länger in der Anwendung.¹⁴⁴ Da Schichten Grenzflächen darstellen und zur natürlichen Umgebung oder zu benachbarten Materialien Kontakt haben, können sie auch unerwünschte Reaktionen mit dieser Umgebung eingehen. In vergleichsweise neuen Anwendungsfeldern wie organischen Leuchtdioden (OLEDs) oder organischer Photovoltaik (OPV) spielen daher Verkapselungsoptionen eine wichtige Rolle. Für Multilagenanordnungen, wie sie in der Elektronik eingesetzt werden, ist die Kontrolle von Diffusionsprozessen zwischen den einzelnen Lagen zur Vermeidung von unerwünschter elektrischer Leitfähigkeit von Bedeutung. Diese Diffusionsprozesse sind auch bei röntgenoptischen Vielschichtanordnungen mit atomar glatten Oberflächen, wie sie in den neuesten Strukturierungsmaschinen für nanoelektronische Schaltkreise als Abbildungssystem für Röntgenlicht eingesetzt werden, unbedingt zu vermeiden. Ansonsten würden die optischen Eigenschaften des Gesamtsystems extrem schlechter werden. Folglich sind bei Beschichtungen z.B. im Automobilbau, in der Umwelttechnik, bei Verpackungen, elektronischen Bauelementen oder in der Optik, Fragen zur Langlebigkeit, zur Reaktionsvermeidung oder zur Qualitätsoptimierung immer noch wichtige Forschungsfelder mit neu aufkommenden Problemstellungen (z.B. auch im Arbeitsschutz). Selbst in einem etablierten Anwendungsbereich wie den Schichttechniken gibt es daher immer wieder neu aufkommende technische und sozio-ökonomische Fragestellungen und auch Anwendungsoptionen, zu deren Verständnis weitere Analysen notwendig sind.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Aufgrund der öffentlichen Technologieförderung zu Oberflächen- und Schichttechnologien besteht in Deutschland eine durchweg gute wissenschaftliche und industrielle Ausgangsbasis für globale Konkurrenzfähigkeit bei neuen Beschichtungen. In diesem Feld sind vergleichsweise viele kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit relativ stabiler Beschäftigung vertreten, wie beispielsweise AXO, Coatema, GXC Coatings, Incoatec oder die ras GmbH. Arbeitnehmerakteure nehmen aber in solchen innovativen KMU in der Regel keine wesentliche Rolle ein. Hinzu kommt, dass diese KMU in der Regel keine speziellen Abteilungen haben, die die Notwendigkeit für regelmäßige Weiterbildung bei den Beschäftigten systematisch verfolgen. Zwar erfolgten bereits vor mehr als zehn Jahren erste Analysen zum Qualifikationsbedarf in der Oberflächentechnik,¹⁴⁵ doch aktuellere Aufarbeitungen finden sich nicht. Auch wenn es eine Vielfalt an Weiterbildungsmöglichkeiten bei den Oberflächen- und Schichttechnologien gibt,¹⁴⁶ scheinen KMU in diesem Industriefeld oftmals überfordert, die passenden Formate für ihre Beschäftigten, die sich regelmäßig weiterbilden müssen, zu finden.

144 Produktionstechnik zur Erzeugung funktionaler Oberflächen, FhG IST, FhG IWS, FhG IPA, 2008

145 Schriftenreihe Wissenstransfer Oberflächentechnik, Band 1, 3, 7, 13, 14, 15; 1999-2002

146 z.B. bei der Deutschen Gesellschaft für Oberflächentechnik e.V., www.dgo-online.de/fortbildung oder bei der Europäischen Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V., www.efds.org

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none">• Breite Themenvielfalt, daher sowohl Grundlagenforschung als auch Anwendung und Produktion
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none">• Durch Integration von Schichttechnologien in Produktionsabläufe ist eine Beschäftigungszunahme zu erwarten• Notwendigkeit für regelmäßige Weiterbildung• Notwendigkeit für Sensibilisierung auf Arbeitsschutz
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none">• Eher inkrementelle Entwicklung
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none">• Deutschland sowohl bei Geräteherstellung als auch -anwendung für die Schichterzeugung gut aufgestellt• Durch branchenübergreifende Zusammenarbeit verbesserte Wettbewerbsfähigkeit möglich

Selbstheilende Materialien reparieren sich selbst

Worum geht es?

Materialversagen kostet die Industrie Produktionszeit und Kapital. Daher sind regelmäßige Wartungsintervalle notwendig und beschädigte Teile werden bei Bedarf ausgetauscht. Eine zunehmend intensiver werdende Forschungsrichtung ist daher die Untersuchung selbstheilender Materialien, die, ähnlich dem biologischen Vorbild, auftretende Werkstoffrisse oder abgeplatzte Schichten von selbst reparieren und so die Lebensdauer von Werkstoffen in verschiedenen Anwendungen insbesondere in strukturellen Bauteilen, aber auch in der Mikroelektronik verlängern. Das Ziel ist es, Ermüdungserscheinungen oder Beschädigungen von Werkstoffen wie Risse, Kratzer oder Korrosionslöcher autonom ausheilen zu können. Besonderes Augenmerk richten sie dabei auf mikroskopische Haarrisse in tragenden Bauteilen und hochwertigen technischen Produkten wie etwa Autos, Flugzeuge, Raumschiffe oder Brücken. Bis in die 1990er Jahre aber scheiterten alle Ideen an der Komplexität des Problems. Denn um einen Riss ohne Eingriff von außen wieder dauerhaft zu verschließen, bedarf es nicht nur eines zuverlässigen Füllmaterials, sondern auch eines „intelligenten“ autonomen Systems. Insbesondere Fortschritte in der Mikro- und Nanotechnik sowie Bionik haben dann zu neuen Lösungsansätzen geführt. Dazu werden verkapselte Kunststoffflüssigkeiten oder Korrosionsschutzfluide eingesetzt, die bei mechanischer Einwirkung freigesetzt werden.

- Ein Ansatz für solche Systeme besteht im Einbau nanoverkapselter chemisch reaktiver Substanzen in Lacke, Polymerschichten, Galvanobeschichtungen oder Festkörper.
- Alternativ können Kapillare eingebracht werden, über die Reagenzien zugeführt werden können.

Beim Auftreten einer kleinen Verletzung werden die Kapseln oder Kapillare ebenfalls verletzt, setzen die Reparatursubstanz frei und diese reagiert mit der Beschichtung bzw. inneren Oberflächen.¹⁴⁷ Die beim Einbau intakten Verkapselungen fungieren durch diese Verletzung und Freisetzung sozusagen als inhärente Sensoren, quasi als intelligentes System, das nur im Bedarfsfall aktorisch reagiert. Ist das Reparaturmaterial zudem farblich von der Umgebung abgesetzt, so dient es auch als erkennbarer Indikator für eine aufgetretene Schadstelle.

- Ein weiterer Ansatz besteht im Einbringen von Fasern in einen Festkörper. Beispielsweise hat die University of Michigan durch das Einbetten von speziell beschichteten Fasern einen mechanisch flexiblen Beton entwickelt. Dadurch entstehen unter Belastung statt fataler Brüche wie bei konventionellem Stahlbeton nur feine Risse, die durch Reaktion von Wasser und Kohlendioxid aus der Umgebungsluft sowie dem gebildeten Kalziumkarbonat wieder geschlossen werden. Mit diesem Material ließe sich nicht nur in Erdbebengebieten stabiler bauen, sondern es könnte auch beim Häuser-, Brücken- und Straßenbau Reparatur- und Erneuerungskosten sparen helfen.¹⁴⁸
- Schäden in der Autokarosserie oder tragende Brückenelemente könnten in Zukunft auch durch selbstheilende Metalle ohne externen Einfluss repariert werden. Im Rahmen des DFG-Schwerpunkts „Design and Generic Principles of Self-Healing Materials“¹⁴⁹ untersucht das MPI für Eisenforschung die Nutzung von nanopartikulären Formgedächtnislegierungen für Anwen-

147 Spektrum der Wissenschaft Spezial 1/14, Seite 60 ff

148 Y. Yang, M. D. Lepech, E.-H. Yang, V. C. Li, “Autogenous Healing of Engineered Cementitious Composites under Wet-Dry Cycles”, Elsevier Journal of Cement and Concrete Research, Vol. 39, 2009, 382-390

149 <http://www.spp1568.uni-jena.de/>

dungen in Bauteilen, die nur beschränkt zugänglich sind (zum Beispiel in Windparks) oder bei Anwendungen, deren Materialien besonders zuverlässig sein müssen (zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt).¹⁵⁰

- Im Rahmen dieses Schwerpunkts haben Chemiker der Universität Halle auch neuartige selbstheilende Polymere entwickelt, die im Falle eines Risses durch thermoplastisches Verhalten und Schlüssel-Schloss-Reaktionen eine Selbstheilung durchführen.¹⁵¹

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Aufgrund der vielfältigen Selbstheilungskonzepte bietet sich ein breites Anwendungsspektrum an. Neben selbstheilenden Verbundwerkstoffen, Beton, Keramiken und Fasern sind zunehmend auch selbstheilende Polymere von Interesse. Jedoch ist in dem derzeitigen frühen F&E-Stadium noch kein technologischer Durchbruch für einen nachhaltigen Markteintritt gelungen. Obwohl selbstheilende Materialien wegen der hohen Sicherheitsanforderungen noch nicht so schnell in tragende Strukturen von Fahrzeugen, Flugzeugen oder Raumfähren eingebaut werden können, ist das generelle Interesse an selbstreparierenden Materialien und Beschichtungen dennoch groß. Gute Einsatzmöglichkeiten für die neuartigen Werkstoffe werden z.B. im Innenraum von Flugzeugen gesehen. Dort könnten selbstheilende Beschichtungen die Metallstrukturen im Boden vor Korrosion schützen und dadurch anfallende teure Reparaturen vermeiden.

Um die deutschen Akteure zu vernetzen hat die Dechema (Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie) einen neuen ProcessNet-Arbeitskreis „Selbstheilende Materialien“ eingerichtet.¹⁵² Er ist deutschlandweit das erste Gremium, das sich explizit und ausschließlich diesen interessanten Materialien widmet. Zu seinen Zielen gehören eine Bestandsaufnahme über den Stand und die Akteure in Wissenschaft und Industrie, die Organisation von Workshops und Weiterbildungsveranstaltungen und der Austausch zwischen Experten sowie die Information von Fachkreisen, Politik und Öffentlichkeit.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Korrosion und Verschleiß fügen der Volkswirtschaft jedes Jahr beträchtlichen Schaden zu. Selbstheilende Materialien versprechen für eine Vielzahl von Anwendungen niedrigere Kosten und höhere Sicherheit. Voraussetzung dafür ist die enge Vernetzung mehrerer Beschäftigtengruppen wie z.B. zwischen Materialentwicklern und -verarbeitern und mit den Anwendern. Der neu gegründete ProcessNet-Arbeitskreis "Selbstheilende Materialien" soll die Lücke zwischen Forschung und Industrie(-arbeit) schließen. Die Voraussetzungen sind gut: Materialwissenschaft und Anlagenbau in Deutschland bieten das nötige Know-how für mögliche Anwenderbranchen wie Automobilbau und Luftfahrt.

In Deutschland wird das Thema fördernd stark unterstützt von der DFG, der Volkswagenstiftung und dem BMBF. Neben Universitäten, MPG-, HGF und FhG-Instituten sind Firmen wie Freudenberg, ElringKlinger oder die GKT Gummi- und Kunststofftechnik Fürstenwalde GmbH in Verbundprojekte eingebunden.

150 <http://www.mpie.de/3135687/Self-healing>

151 <https://idw-online.de/de/news640521>

152 <http://processnet.de/Selbstheilende+Materialien.html>

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none">• Zunehmend anwendungsorientierte Forschung• In Deutschland beginnendes Industrieinteresse bei Kunststoffen• Markteintritt mittelfristig möglich
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none">• Neue Fachkenntnisse bei Materialherstellern nötig• Änderung der Produktlebensdauer kann Änderungen im Produktionsprozess bewirken• Neue Richtlinien für Qualitätssicherung nötig
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none">• Eher inkrementelle Entwicklung
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none">• Deutschland mit USA und Japan führend

Werkstoffe mit guter Perspektive: Biokunststoffe

Worum geht es?

Kaum ein anderer Werkstoff hat den Beginn des 21. Jhd. so geprägt wie Kunststoffe. Mit ihren vielfältigen Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Massenanwendung, wie z.B. im Automobilsektor sind sie ein essentieller Roh- und Werkstoff für eine Vielzahl unterschiedlicher Industriezweige. Die Gewinnung wichtiger Kunststoff-Rohstoffe erfolgt überwiegend aus fossilen Ausgangsverbindungen, deren begrenzte Verfügbarkeit sich im Zuge des global rasant ansteigenden Energie- und Rohstoffbedarfs langfristig verschärfen wird. Bereits heute sind Unternehmen rohstoffarmer Länder, wie Deutschland, angehalten, sich aktiv mit der Verknappung sowie der hieraus resultierenden Preissteigerungen für entsprechende fossile Rohstoffe zu beschäftigen und diesen Änderungen aktiv zu begegnen, um damit langfristig ihre Wettbewerbssicherheit und damit Arbeitsplätze zu erhalten. Eine Möglichkeit dafür besteht in der Nutzung von speziellen Biokunststoffen, die aus Gründen schwindender Erdölressourcen sowie aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten eine zunehmende Wahrnehmung erfahren.

- Zu den Biokunststoffen gehören sowohl auf biologischer Basis hergestellte Polymere als auch biologisch abbaubare Polymere, unabhängig ob auf bio- oder erdölbasierter Rohstoffbasis erzeugt.¹⁵³
- Biokunststoffe werden beispielsweise bereits in der Verpackungsindustrie, Landwirtschaft, Gastronomie, der Konsumerelektronik oder im Automobilbau eingesetzt,¹⁵⁴ Industriebranchen, die aufgrund ihrer Beschäftigungszahlen eine hohe volkswirtschaftliche Relevanz besitzen. Zwar ist ihr Anteil am gesamten Kunststoffmarkt noch gering, doch lässt sich nach Angaben des Branchenverbands European Bioplastics eine deutlich ansteigende Nachfrage erkennen. Aufgrund ökologischer Aspekte und gesetzlicher Rahmenbedingungen macht dabei der Verpackungssektor mehr als 80 Prozent aus.
- Weitere mögliche Anwendungsbeispiele sind Geschirr und Besteck, kompostierbare Folien, Windeln und Einmalhandschuhe, Sportschuhe, Autointerieur oder chirurgisches Nahtmaterial, resorbierbare Implantate und Verkapselungen für Arzneimittel.¹⁵⁵
- Große Firmen wie BASF, Wacker oder Evonik sind in diesem wachsenden Markt ebenso vertreten wie KMUs, z.B. Tecnaro, BIOP Biopolymers Technologies, BioTec, FKUR Kunststoff GmbH, die mit ihren hoch spezialisierten Fachkräften gegenwärtig den deutschen Markt dominieren.

Die Herstellung von Biokunststoffen kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen. Neben klassischen petrochemischen Ausgangsstoffen kann auch eine Herstellung auf Basis von Stärke, Zucker, Zellulose, Chitin, Lignin, Proteinen oder Pflanzenölen erfolgen, die aus Mais, Zuckerrüben, Hölzern, Soja, Algen oder auch Fischereiabfällen gewonnen werden. Beispielsweise lassen sich aus pflanzlichen Zellulosebündeln auch extrem reißfeste Garne herstellen, die sich für die Herstellung von stand- und temperaturfesten Rotorblättern für Windenergieanlagen eignen.¹⁵⁶ Die stoffliche Nutzung von Biomasse kann neben dem gezielten Anbau von Biomaterial auch aus Abfällen bereitgestellt werden. Im Rahmen des EU-Vorhabens ECLIPSE wurden aktuell biopolymere Lebensmittelverpackungen auf Basis von Poly-

153 H.-J. Endres; A. Siebert-Raths *Technische Biopolymere*; Carl Hanser Verlag, München, 2009

154 <http://en.european-bioplastics.org/bioplastics/>

155 Forschungs- und Technologieperspektiven 2010, Band 2 des BMBF-Foresight Zyklus II, VDI TZ 2015

156 Hydrogel schaltbar von weich nach hart, VDI Nachrichten 3/2015, 16. Januar 2015

milchsäure aus Algen in Kombination mit Fasern aus Bananen- und Mandelschalen oder Chitin aus Krustentieren hergestellt.¹⁵⁷ Dabei wurden keine essbaren Lebensmittel verwendet.

Wie ist der gegenwärtige Stand der Diskussion?

Biokunststoffen ist bereits ein kurzer Absatz im Magazin Mitbestimmung (Ausgabe 3/2013) der Hans Böckler Stiftung gewidmet.¹⁵⁸ Darin wird Deutschland als Kunststoffland gesehen, welches auch bei Biokunststoffen die Technologieführerschaft übernehmen kann. Der damit einhergehende höhere Spezialisierungsgrad erhöht die Chancen im globalen Wettbewerb bestehen zu können und trägt zu einer Stärkung des F&E-Standorts Deutschland bei. Ökologische Vorteile ergeben sich beispielsweise dadurch, dass im Falle einer ausschließlichen Nutzung von biogenen Ausgangsmaterialien der mit der Herstellung von Kunststoffen einhergehende CO₂ Ausstoß sogar reduziert werden könnte. Weitere Vorteile ergeben sich, wenn der erhaltene Biokunststoff (sowohl erdöl- als auch biobasiert) über die Funktionalität „Bioabbaubarkeit“ verfügt. Dies bietet die Möglichkeit, eine Anreicherung von Kunststoffen in Form von Mikroplastiken in der Umwelt zu verhindern. Allerdings muss auch hier die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet werden, um eine valide Aussage über die ökologischen Vorteile gegenüber konventionellen Kunststoffen treffen zu können. Im Rahmen der BMBF-Forschungsplattform BiNa¹⁵⁹ werden daher vollständige Lebenszyklusanalysen bei der Nutzung von Biokunststoffen mit fossilen Konkurrenzverfahren verglichen, um faktenbasierte Entscheidungsgrundlagen für verschiedene Anwendungen zu erhalten, denn die „Teller oder Tank“-Diskussion wird mittelfristig auch bei den Biokunststoffen aufkommen. Für den Anbau von Biomasse werden in Deutschland etwa 2,3 Mio Hektar Fläche genutzt, das sind etwa 14 Prozent der landwirtschaftlichen Anbaufläche. Aber nur 10 Prozent davon werden für die industrielle, stoffliche Nutzung verwendet, obwohl durch stärkere Nutzung die Wertschöpfung gesteigert werden könnte. Auch könnte die Versorgungssicherheit durch Vergrößern der Anbauflächen erhöht werden, da dadurch für Krisenzeiten auch eine höhere Lebensmittelproduktion möglich wäre.¹⁶⁰

Derzeit werden zwar weniger als fünf Prozent aller Kunststoffe als Biokunststoffe hergestellt,¹⁶¹ doch prognostiziert der Verband der Chemischen Industrie (VCI) eine Zunahme der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe, wenn geeignete FuE-Anstrengungen gemeinsam von Industrie und Staat unternommen werden.¹⁶² Dabei müssen hinsichtlich Rohstoffgewinnung, Verarbeitungsverfahren, mechanischer Eigenschaften, Temperatur-, Form- und Langzeitstabilität, nutzbarer Additive und Einsatz in Verbundwerkstoffen für die Industrie relevante Erkenntnisse erarbeitet werden. Zudem muss das gegenüber konventionellen Kunststoffen noch hohe Preisniveau gesenkt werden.¹⁶³

157

http://plasticker.de/Kunststoff_News_25546_Fraunhofer_Umsicht_Eclipse___Funktionalisierte_biobasirte_Kunststofffolien_ohne_Nahrungsmittelkonkurrenz?begriff=biokunststoff&div=n

158 Smartes Wachstum, Magazin Mitbestimmung 3/2013, Hans Böckler Stiftung, 2013

159 <http://ifbb.wp.hs-hannover.de/bina>

160 CHEManager 13-14/2015, Wiley-VCH Verlag, 2015

161 VIP – Visions in Plastic 1/2013, GIT Verlag, 2013

162 <https://www.vci.de/themen/energie-klima-rohstoffe/rohstoffe/chancen-und-grenzen-des-einsatzes-nachwachsender-rohstoffe-in-der-chemischen-industrie-vci-position.jsp>

163 BMBF-Expertengespräch Biokunststoffe, Bonn, 2011

Innovativ und stark wachsend ist auch der Anteil der direkt aus CO₂ hergestellten Biokunststoffe. Noch werden dabei überwiegend Kraftstoffe durch die CO₂-Direktnutzung – und nicht aus Biomasse – hergestellt. Aber auch erste Biokunststoffe aus CO₂ sind schon am Markt zu finden¹⁶⁴ und einige Experten gehen davon aus, dass sich in 20 Jahren die chemische Industrie in Bezug auf Syntheseprozesse neu aufstellen muss.

Warum ist das Thema für Arbeitnehmerakteure wichtig?

Nach Meinung von Experten ist Deutschland im internationalen Wettbewerb zwar gut aufgestellt, jedoch findet derzeit eine Verlagerung der traditionellen Kunststoffverarbeitung nach Asien und Arabien statt.¹⁶⁵ Um der Abwanderung von Know-how und damit verbunden von Arbeitsplätzen entgegenzuwirken, ist eine Erschließung des technologischen und wirtschaftlichen Potenzials der Biokunststoffe erforderlich. Darauf verweist auch eine Studie des VCI zur Situation der Chemieindustrie 2030, in der unter anderem eine höhere Ressourceneffizienz und ein größerer Anteil nachwachsender Rohstoffe im Bereich der Spezialchemie als notwendig zu erreichende Ziele aufgeführt werden.¹⁶⁶ Mit dem in Deutschland vorhandenen Know-how könnte durch F&E der Bereich der technische Kunststoffe und somit eine höhere Wertschöpfung erschlossen werden. Hierfür sind entlang der gesamten Wertschöpfungskette die nötigen Unternehmen und auch Forschungseinrichtungen in Deutschland ansässig. Um diesen Wachstumsmarkt zu erschließen und Arbeitsplätze zu sichern, ist die Weiterentwicklung der Biokunststofftechnologie notwendig. Nur die Generierung von neuem Wissen bietet Innovationsvorteile für Deutschland und damit den Erhalt von Beschäftigung.

Thesen/vorläufiges Fazit

Teilaspekt	Vorläufige Trendbestimmung
Entwicklungsstand	<ul style="list-style-type: none"> • Teilweise existierender Markt
Auswirkungen auf die Beschäftigung und Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigung durch Abwanderung gefährdet • Arbeitsplatzsicherung durch Know-how-Generierung • Neue Fachkenntnisse erforderlich
Disruptives Potenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Eher inkrementelle Entwicklung
Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb	<ul style="list-style-type: none"> • Bisher gehört Deutschland zu globalen Technologieführern • Konzertiertes Handeln von Politik, Unternehmen und Arbeitnehmerakteuren nötig, um Stellung zu halten

164 http://bio-based.eu/?did=1133&vp_edd_act=show_download

165 BMBF-Expertengespräch Biokunststoffe, Bonn, 2011

166 <http://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/langfassung-prognos-studie-30-01-2013.pdf>

Anhang**Ergebnis: Expertenbewertung nach Relevanz „Spitzengruppe“**

Titel	Punkte Standort D	Punkte Beschäftigung D	Gesamtpunktzahl
Autonomes fahren – Hände weg vom Steuer	29,5	31,5	61
Werkstoffe mit guter Perspektive: Biokunststoffe	28	24	52
Innovative Sensorsysteme für ein sinnvolles Patientenmonitoring	26,5	22	48,5
Big Data – Patientenversorgung und Gesundheitssystem	26,5	20	46,5
Neue funktionale Oberflächen durch intelligentes Schichtdesign	23	22	45
Revolution in der Biotechnologie: Das CRISPR-System	23	21,5	44,5

Ergebnis: Expertenbewertung nach Relevanz „Mittelgruppe“

Titel	Punkte Standort D	Punkte Beschäftigung D	Gesamtpunktzahl
3D-Druck in der Medizin	23,5	20,5	44
Batterien fürs Haus – Stromautarkie im Eigenheim	24	19	43
Das Supermaterial der Zukunft: Graphen	24	18	42
Batteriesysteme für Elektromobilität – Emissionsfrei in die Zukunft	22	19	41
Lernfabriken Neue Werkstoffe	21	20	41
„Power-to-Gas“ – Frischer Wind ins Erdgasnetz	24	17	41
Theranostik – Gesundheitsvorsorge durch Kombination	22	17,5	35

Ergebnis: Expertenbewertung nach Relevanz „Untere Gruppe“

Titel	Punkte Standort D	Punkte Beschäftigung D	Gesamtpunktzahl
Brennstoffzellenantrieb – Emissionsfreie Mobilität	20	17	37
Stationäre Brennstoffzellen – Strom und Wärme für Zuhause	17,5	17,5	35
Innovationssprung Sonnenenergie: Perowskit-Materialsysteme	18	16	34
Mit kalten Plasmen Wunden desinfizieren und heilen	16,5	15,5	32
Selbstheilende Materialien reparieren sich selbst	18,5	12,5	31
Maker und FabLabs – Neue Impulse für Innovation und Umweltwirtschaft	13	12	25
Metallische Gläser – Stahlhart und doch formbar	13	12	25