

## BRIEF NR. 46

<hr/>	
<b>EDITORIAL</b>	3
<hr/>	
<b>SCHWERPUNKT: SYNTHETISCHE BIOLOGIE</b>	
>	Von der Invention zur Innovation: Anwendungspotenziale von Synthetischer Biologie und Genome Editing 5
>	Die Bevölkerung an der Entwicklung der Synthetischen Biologie beteiligen – aber wie? 13
>	Biohacking oder die Erlebnisse des Josef K. an der Universität – eine Glosse 19
>	Bürgerwissenschaftler und Biohacker: Demokratisierung der Wissenschaft? – Ein Kommentar 23
>	Synthetische Biologie und Genome Editing: Herausforderungen für die Forschungspolitik 27
<hr/>	
<b>TA-PROJEKTE</b>	
>	Bilanz der Sommerzeit 36
>	Neue elektronische Medien und Suchtverhalten 42
<hr/>	
<b>HORIZON-SCANNING</b>	
>	Robotertechnologien für eine alternde Gesellschaft 49
<hr/>	
<b>TA INTERNATIONAL</b>	
>	EPTA-Council und -Konferenz in Paris 52
>	Synthetische Biologie im Fokus der internationalen TA 53
<hr/>	
<b>NEUE VERÖFFENTLICHUNGEN</b>	55
<hr/>	

# LAUFENDE UNTERSUCHUNGEN

## TA-PROJEKTE

Digitale Medien in der Bildung	Dr. Christoph Revermann
Chancen und Risiken mobiler und digitaler Kommunikation in der Arbeitswelt (inklusive Horizon-Scanning)	Dr. Franziska Boerner Simone Ehrenberg-Silies (VDI/VDE-IT)
Human- und tiermedizinische Wirkstoffe in Trinkwasser und Gewässern – Mengenanalyse und Risikobewertung	Prof. Dr. Bernd Klauer (UFZ)
Mensch-Maschine-Entgrenzungen (inklusive Horizon-Scanning)	Dr. Christoph Kehl Simone Ehrenberg-Silies (VDI/VDE-IT)
Data-Mining – gesellschaftspolitische und rechtliche Herausforderungen	Dr. Katrin Gerlinger
Umgang mit Nichtwissen bei explorativen Experimenten	Dr. Christoph Aicher (UFZ)
Online-Bürgerbeteiligung an der Parlamentsarbeit	Britta Oertel (IZT) Dr. Steffen Albrecht
Medikamente für Afrika	Dr. Katrin Gerlinger

## MONITORING

Nachhaltige Energieversorgung – Lastfolgefähigkeit deutscher Kernkraftwerke	Dr. Reinhard Grünwald
---	-----------------------

## INNOVATIONSANALYSE

Additive Fertigungsverfahren (3-D-Druck) (inklusive Horizon-Scanning)	Dr. Claudio Caviezel Simone Ehrenberg-Silies (VDI/VDE-IT)
Weißer Biotechnologie	Dr. Arnold Sauter Prof. Dr. Bernd Klauer (UFZ)

# EDITORIAL

Die treuen Leserinnen und Leser werden es natürlich sofort bemerkt haben: Der Auftakt des TAB-Briefs trägt einen neuen Namen. Dem Redaktionsteam war nach all den Jahren aufgefallen, dass die bisherige Überschrift »TAB Intern« eigentlich noch nie ganz treffend war. Denn Interna im eigentlichen Sinne spielen in unserem halbjährlichen Newsletter meist nur eine sehr kleine Rolle – wohingegen das, worüber an dieser Stelle de facto in all den Jahren geschrieben wurde, zum ganz überwiegenden Teil integraler Bestandteil der Arbeit des TAB bzw. der Unternehmung Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag ist: Berichte über die Rezeption von TAB-Ergebnissen im Bundestag, über öffentliche Veranstaltungen gemeinsam mit dem Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (ABFTA) oder über neue Aufträge und geplante Aktivitäten.

Als »echtes« Internum ist diesmal eine Veränderung im Team des TAB zu vermelden: Im September 2015 hat Frau Marion Birner eine Teilzeitstelle im Sekretariatsbereich angetreten und wird sich schwerpunktmäßig – neben der Büroorganisation – um die Gestaltung der TAB-Publikationen und die Pflege unserer Website kümmern. Frau Birner ist Mediengestalterin Digital und Print, Gestaltung und Technik und arbeitet seit ihrer Ausbildung in verschiedenen Messebau-, Event- und Werbeagenturen in Baden-Württemberg und Berlin.

Die verfügbaren neuen Publikationen werden wie schon seit Längerem am Ende des TAB-Briefs (S. 55) vorgestellt. In Bälde erscheinen werden die Berichte zu den Themen »Bilanz der Sommerzeit« sowie »Neue elektronische Medien und Suchtverhalten«. Zu beiden finden sich Beiträge im vorliegenden TAB-Brief, ebenso wie zu den Ergebnissen eines Horizon-Scannings im Projekt »Mensch-Maschine-Entgrenzungen«.

## ZUM SCHWERPUNKT

Der Schwerpunkt dieses TAB-Briefs resultiert aus einem Projekt, dessen Bearbeitung eine echte Herausforderung darstellte, aber durch eine intensive Zusammenarbeit mit Kollegen aus dem ITAS des KIT sowie die vielfältige Einbindung externer Expertise im Frühjahr 2015 zu einem – wie wir finden – guten Ende geführt werden konnte. Das Thema »Synthetische Biologie« (kurz Synbio) erwies sich aus verschiedenen, teils widersprüchlich wirkenden Gründen als ganz besonders sperrig:

Einerseits wird die Synbio seit gut zehn Jahren von nicht wenigen Experten aus Wissenschaft, Forschungsförderung und Technikfolgenabschätzung als eine der ganz wichtigen Entwicklungen der Biowissenschaften thematisiert – andererseits hat sich der Begriff weder in der Öffentlichkeit noch in Forschung und Wissenschaft bislang auf breiter Front durchgesetzt. Das wiederum hat zentral damit zu tun, dass es nach wie vor keine weithin geteilte, stringente Definition gibt, was denn alles unter den Begriff Synbio fallen soll und was nicht – und das, obwohl sich Dutzende von wissenschaftlichen und forschungspolitischen Gremien daran versucht haben. Je nach Weite der Definition fällt aber entweder nahezu das gesamte Spektrum aktueller und zukünftiger Bio- und Gentechnologieanwendungen darunter, woraus sich naturgemäß bereits heute eine große sozioökonomische Bedeutung ergibt – oder aber Synthetische Biologie steht für die Vision künftiger, von Menschen »am Reißbrett« entworfener, (mehr oder weniger) komplett de novo konstruierter Zellen oder Organismen, deren Realisierung und praktische Nutzung auch im Jahr 2015 noch völlig offen sind. Im Zuge des TAB-Projekts wurde daher eine Basisunterscheidung von Synbio im engeren und Synbio im weiteren Sinn entwickelt und für die Folgenanalyse und -debatte benutzt (vgl. hierzu den folgenden ersten

Schwerpunktbeitrag von H. König und D. Frank).

Hinzu kommt, dass die molekularbiologische und biotechnologische Forschung und Entwicklung (nach wie vor) eine enorme Dynamik zeigen. Die erst in den letzten Jahren entwickelten Methoden und Verfahren des sogenannten »Genome Editing«, d. h. des gezielteren und schnelleren »Umschreibens« der vorhandenen Erbsubstanz, sind im Laufe dieses Jahres vor allem mit Blick auf mögliche Anwendungen beim Menschen zu einem Topthema der bioethischen und biopolitischen Debatte geworden. Der TAB-Arbeitsbericht Nr. 164 war und ist unseres Wissens die erste größere Studie zur Synbio, welche den besonderen Stellenwert der Genome-Editing-Verfahren hervorhebt.

Eine weitere Besonderheit des Themas Synbio in den vergangenen Jahren war die enge Verbindung zum Aufkommen der sogenannten Do-it-yourself-Biologie. DIY-Biologen oder Biohacker bilden eine vielfältige Szene aus interessierten Laien und Bastlern, aus bildenden Künstlern sowie wissenschaftlich ausgebildeten Akteuren (mit Schwerpunkt aus den Bio- und Informationswissenschaften), die sich jenseits des üblichen, institutionalisierten oder kommerziellen Forschungs- und Innovationsbetriebs Kenntnisse und Fähigkeiten in der Molekularbiologie aneignen, um mit möglichst einfachen Mitteln experimentell tätig werden zu können. So unterschiedlich wie die Mitglieder sind dabei auch die Motive bzw. Absichten, die von reinem Hobby über einen demokratiethoretisch fundierten Teilhabeanspruch bis hin zur Entwicklung möglicher Geschäftsideen reichen. Bislang galten die technischen Möglichkeiten dieser neuen Form der Bürgerwissenschaftler (oder »Citizen Scientists«) als sehr begrenzt, doch auch dies könnte sich durch die neuen Genome-Editing-Verfahren ändern.

Das Thema DIY-Biologie nimmt sowohl im TAB-Bericht als auch im folgenden Schwerpunkt relativ viel Platz ein – vermutlich mehr, als viele etablierte Forscher diesem Phänomen bzw. seiner wissenschaftlichen Bedeutung einräumen würden. Aber es sind definitiv nicht die Qualität und die Neuartigkeit der bisherigen Forschungsergebnisse der Biohacker, sondern es waren insbesondere die teils stark übertrieben wirkenden Sorgen um eine mögliche Gefährdung, die von DIY-Bioexperimenten ausgehen könnten, welche für das große öffentliche Interesse an diesem Thema verantwortlich sind.

Auch die Berichterstatterinnen und Berichterstatter für TA, die das TAB mit der Untersuchung zur Synbio beauftragt haben, hatten besonderen Wert auf eine Untersuchung und Darstellung der DIY-Bioszene gelegt. Dies allein im Rahmen der üblichen Arbeitsweise des TAB, d. h. unter anderem durch Vergabe von Gutachten, zu untersuchen, erwies sich allerdings als nicht praktikabel – denn es gab dazu bis vor Kurzem praktisch keine wissenschaftliche Literatur, die hätte ausgewertet werden können. Daher wurde der wohl bekannteste deutsche DIY-Biologe, Rüdiger Trojok, zunächst mit einer Darstellung der Akteure und Perspektiven der DIY-Bioszene beauftragt, die dann durch Christof Pott Hof vom (genteknikkritischen) Genethischen Netzwerk e. V. kommentiert wurde. Das eigentliche Kapitel im TAB-Bericht wurde dann wiederum von Rüdiger Trojok, der mittlerweile im ITAS im Rahmen eines großen Projekts zur öffentlichen Debatte bzw. verantwortlichen Weiterentwicklung der Synbio beschäftigt ist, in Kooperation mit dem Projektleiter des TAB ausgearbeitet.

Dieses etwas »unkonventionelle« Vorgehen, um das schillernde, wissenschaftlich-analytisch nicht leicht fassbare Phänomen der DIY-Biologie und ihrer Bedeutung darstellen zu können, setzt sich im folgenden Schwerpunkt

des TAB-Briefs fort: Rüdiger Trojok als Projektbeteiligter und DIY-Bioakteur sowie der ITAS-Kollege Leonhard Hennen, der sich als früherer TAB-Mitarbeiter in den letzten Jahren besonders intensiv mit Fragen von Partizipation und Citizen Science beschäftigt hat, wurden gebeten, einen ernstgemeinten, aber pointiert subjektiven Blick auf das Thema DIY-Biologie zu werfen. Der Beitrag von Rüdiger Trojok hat daraufhin die Form einer Glosse über die Erfahrungen eines »Wanderers« zwischen der autonomen DIY- und der verwalteten akademischen Welt angenommen, während Leo Hennen in einem bewusst kritischen Kommentar »einige Ungereimtheiten in Selbstverständnis und Außendarstellung« der DIY-Bioszene hinterfragt.

Die drei anderen Schwerpunktbeiträge nähern sich hingegen in gewohnt sachlicher Weise drei Teilaspekten des Themas Synbio, die auch im TAB-Arbeitsbericht Nr. 164 ausführlich behandelt werden: den Anwendungspotenzialen und -perspektiven (H. König und D. Frank), den Beteiligungsmöglichkeiten der Bevölkerung an der Weiterentwicklung der Synbio (S. Albrecht) sowie den künftigen Herausforderungen für die Forschungspolitik (A. Sauter).

Harald König und Daniel Frank (beide ITAS) beschäftigen sich mit der Frage, was eigentlich geschehen muss, damit aus wissenschaftlicher Entdeckung und Entwicklung tatsächlich praxistaugliche und relevante Anwendung wird, wie also aus einer bloßen Invention eine echte Innovation resultieren kann. Dabei arbeiten sie heraus, dass eine Prognose des künftigen Erfolgs eines wissenschaftlich-technischen Verfahrens in einem frühen Stadium kaum möglich ist, weshalb es unbedingt notwendig erscheint, verschiedene Problemlösungsvarianten technischer und sozialer Art zu verfolgen, um über unterschiedliche Handlungsoptionen zu verfügen.

Mit Blick auf die Entwicklung solcher unterschiedlicher, gemeinwohlorientierter nachhaltiger Problemlösungsvarianten hat sich in den vergangenen Jahren in immer größeren forschungs- und innovationspolitischen Kreisen die Erkenntnis durchgesetzt, dass eine systematische Beteiligung von zukünftigen Nutzern, relevanten Stakeholdern und sonstigen betroffenen Bevölkerungsteilen unbedingt angestrebt werden sollte. Steffen Albrecht schildert unterschiedliche Herangehensweisen auch im internationalen Vergleich, darunter das vom ITAS koordinierte EU-Projekt »SYNERGENE« als praktischer Versuch, das Konzept »Responsible Research and Innovation« im Bereich Synbio umzusetzen. In der Rubrik TA International (S. 53 f.) werden weitere TA-Aktivitäten zur Synbio vorgestellt.

Der abschließende Schwerpunktbeitrag zu den Herausforderungen für die Forschungspolitik greift zwei nach Einschätzung des TAB besonders wichtige Handlungsfelder auf: zum einen die Neuaufnahme der Biosicherheitsforschung zu Mikroorganismen, zu Pflanzen und Tieren, die durch die Genome-Editing-Verfahren eine besondere Dringlichkeit erlangen, und – hiermit eng verknüpft – zum anderen die Frage nach Erweiterung der Akteurskreise bei der Planung und Durchführung von Forschungsprogrammen und -vorhaben.

Mit dem TAB-Arbeitsbericht Nr. 164 sowie dem zugehörigen TAB-Brief-Schwerpunkt verbindet sich die Hoffnung, für die anstehenden, vermutlich durchaus kontroversen Debatten über den weiteren Umgang mit Bio- und Gentechnologien sowohl im Deutschen Bundestag, speziell im ABFTA, als auch in der weiteren Fach- und allgemeinen Öffentlichkeit eine Reihe nützlicher Informationen und konstruktiver Anregungen bieten zu können.

*Arnold Sauter*

# VON DER INVENTION ZUR INNOVATION: ANWENDUNGSPOTENZIALE VON SYNTHETISCHER BIOLOGIE UND GENOME EDITING

Wissenschaft und Innovation gelten als Schlüsselfaktoren für wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wohlstand. Welchen ökonomischen und gesellschaftlichen Nutzen neue wissenschaftliche Ansätze oder Methoden hervorbringen, hängt oft von ihrer Integration bzw. ihrem Zusammenspiel mit technischen Entwicklungen in anderen Bereichen ab. Auch unvorhersehbare bzw. unerwartete ökonomische, gesellschaftliche und politische Ereignisse können eine wichtige Rolle spielen. Letztlich entscheiden viele Faktoren darüber, ob Forschungsrichtungen und -vorhaben lediglich zu »Inventionen« (Erfindungen) oder aber zu wirklichen »Innovationen« führen, die sich in Märkten durchsetzen und relevante wirtschaftliche und/oder gesellschaftliche Auswirkungen haben. Die große Herausforderung für die Abschätzung von Anwendungspotenzialen und für entsprechende Schlussfolgerungen für die (frühzeitige) politische »Gestaltung« von Forschungs- und Technologiefeldern ist es, diesen Faktoren und Unwägbarkeiten (in verantwortlicher Weise) Rechnung zu tragen. Dies gilt umso mehr, wenn es sich um sogenannte emergierende Forschungsfelder wie die Synthetische Biologie (Synbio) handelt, die Hoffnungsträger für neue Schlüsseltechnologien und -produkte sind und sich in einem frühen Stadium der Entwicklungen befinden.

In den letzten Jahren sind mit dem Begriff Synbio viele Hoffnungen und Bedenken in Bezug auf mögliche Anwendungen in verschiedenen ökonomisch und politisch relevanten Feldern verbunden worden (Übersichten z. B. bei Khalil/Collins 2010; König et al. 2013). Diese reichen von der Herstellung wichtiger Chemikalien und Treibstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen über Mikroorganismen zur Detektion und Sanierung von Schadstoffkontaminationen in der Umwelt bis hin zu neuen Therapien und Impfstoffen. Bei etwas näherer Betrachtung ergeben sich zwei Schwierigkeiten bei der Einschätzung des Potenzials von Ansätzen der Synbio: Zum einen beruht eine Großzahl der erhofften Anwendungen oder Produkte auf in Publikationen und (teilweise) in Patenten beschriebenen Ansätzen, die kaum von bisherigen molekularbiologischen bzw. gen- und biotechnologischen Ansätzen unterscheidbar sind. Zum andern handelt es sich bei den meisten neuartigen Ansätzen – wie so oft bei einem sich neu formierenden Forschungs- und Entwicklungsfeld – um Labor- bzw. sogenannte Proof-of-Principle-Experimente, welche zunächst einmal die grundsätzliche Machbarkeit zeigen, nur selten aber

um Verfahren, die bereits industriell nutzbar sind oder zumindest nahe davor stehen.

Will man künftige Anwendungspotenziale der Synbio – und insbesondere solche, die über Möglichkeiten von bisheriger Gen- und Biotechnologie hinausgehen – identifizieren, stellt sich unweigerlich die Frage nach Synbio-spezifischen Konzepten und deren Methoden/Techniken. Aufgrund der großen Heterogenität des Synbio-Feldes und der beträchtlichen Überlappung mit bisherigen Ansätzen lässt sich diese Frage nicht pauschal beantworten. Im Bericht des TAB zur Synbio (TAB 2015) wurde deshalb eine Differenzierung von Synbio im engeren (i. e. S.) und Synbio im weiteren Sinn (i. w. S.) vorgenommen. Die Synbio i. e. S. umfasst Ideen sowie Ansätze hin zu »am Reißbrett« entworfenen und weitgehend de novo konstruierten Zellen oder Organismen. Charakteristische Forschungsansätze sind die Herstellung kompletter synthetischer Genome, die Konstruktion von »Minimalzellen« aus biochemischen Grundkomponenten oder die Verwendung von nichtnatürlichen Molekülen (Xenobiologie). Die Synbio i. w. S. umfasst

dagegen alle aktuell verfolgten zunehmend informationsbasierten und meist anwendungsorientierten Ansätze der molekularbiologischen Veränderung bekannter Organismen, wie z. B. die Konstruktion neuer Synthesewege zur Herstellung von Chemikalien oder das Design »genetischer Schaltkreise« (bestehend aus verschiedenen Genen und Steuerelementen für das Ablesen von Genen), um sensorische und regulatorische Funktionen in existierenden Organismen zu erhalten.

## KOMPLETT NEUE ORGANISMEN VOM REISSBRETT – DIE UNKLARE PERSPEKTIVE DER SYN BIO I. E. S.

Auf absehbare Zeit scheinen das Wissen und damit die Möglichkeiten viel zu begrenzt, um durch »rationales« Design komplett neue Genome und Organismen »vom Reißbrett« zu realisieren. Anwendungspotenziale solcher hypothetischer, komplett neu konstruierter Organismen sind deshalb heute nicht sinnvoll abzuschätzen. Gleichwohl zeichnen sich erste experimentelle Hinweise für konkrete Anwendungen aus Forschungsansätzen der Synbio i. e. S. – wenn auch nicht für »komplett« neue Organismen – ab. So erlauben computergestützte Designmethoden für die Gensynthese gleichzeitig sehr viele »Buchstaben« eines genetischen Codes in Viren so zu verändern, dass die Proteinproduktion verlangsamt wird, die für die Wirksamkeit eines Impfstoffes entscheidende Proteinzusammensetzung aber unverändert bleibt (sogenannte Codon-Paar-Deoptimierung). Im Mausmodell konnten auf diese Weise stark abgeschwächte Viren für sichere und effektive Influenzaimpfstoffe hergestellt werden (Mueller et al. 2010) und erste klinische Versuche mit solchen Impfstoffen beim Menschen sollen demnächst beginnen (Codagenix 2015). Andere Experimente zeigen, dass die Synthese von Genomteilen

die rasche Bereitstellung von sich oft verändernden viralen Genen für Impfstoffe erlaubt und dadurch Pandemien viraler Krankheiten wie Influenza schneller bekämpft werden könnten (Dormitzer 2015).

Forschungsbemühungen der sogenannten Xenobiologie richten sich darauf, in Zukunft Organismen herzustellen, die für ihr Wachstum nichtnatürliche Bausteine benötigen (die ihnen folglich vom Menschen kontrolliert zugeführt werden müssten) und/oder ihre veränderten Gene – nach einem ungewollten Entweichen oder einer gezielten Freisetzung der Organismen in die Umwelt – nicht mehr mit natürlichen Organismen austauschen und sich so nicht in der Umwelt verbreiten können (Schmidt 2010). Darüber hinaus wird über xenobiologische Ansätze die Herstellung von virenresistenten Produktionsstämmen (z. B. Bakterien) für die Biotechnologie angestrebt. In jüngster Vergangenheit durchgeführte Experimente zeigten die prinzipielle Machbarkeit von Organismen mit entsprechenden Eigenschaften: Durch automatisierte, oligonukleotidgeleitete Techniken konnten Hunderte gezielter Veränderungen im Genom von E.-coli-Bakterien vorgenommen und so ein veränderter, erweiterter genetischer Code erzeugt werden (sogenannte »genomically recoded organisms« [GRO]). Dieser alternative Code erlaubte den gezielten Einbau von nichtnatürlichen, synthetischen Proteinbausteinen (Aminosäuren) in z. T. mittels Computerprogrammen »redesignte« Enzyme und dadurch die Kontrolle der Vermehrung solcher GRO durch synthetische Nährstoffe (Mandell et al. 2015; Rovner et al. 2015).

### SYNBIO I. W. S. – HERAUSFORDERUNGEN DER MARKTABSCHÄTZUNG

Die Abgrenzung zu Konzepten und Methoden der »bisherigen« Molekular-

biologie bzw. Gen- und Biotechnologie – und somit die Einschätzung möglicher spezifischer Synbio-Anwendungspotenziale – fällt bei der Synbio i. w. S. besonders schwer. Eine nüchterne Betrachtung vieler der Synbio neu zugeschriebener Konzepte/Prinzipien zeigt, dass diese sehr eng mit der Molekular- und Systembiologie sowie der Gen- und Biotechnologie der letzten 20 bis 25 Jahre verbunden sind und dort schon länger zur Herstellung neuer biologischer Funktionen genutzt worden sind, beispielsweise in Form von Systemen zur Steuerung von eingebrachten Genen oder »Metabolic-Engineering-Ansätzen« (d. h. der gezielten Optimierung vorhandener Stoffwechselwege). Dies gilt unter anderem für die Verwendung standardisierter, eine bestimmte Funktion ausübender »biologischer Teile« (Bioparts/BioBricks), die Modularisierung und Kombination solcher Teile oder die Orthogonalisierung – also das unabhängige Funktionieren von Teilsystemen von ihrer (komplexen) Umgebung (König et al. 2013; Nielsen/Keasling 2011).

Die über die bisherige Gen- und Biotechnologie hinausreichenden Potenziale der Synbio i. w. S. liegen insgesamt weniger in (schwer fassbaren) Synbiospezifischen oder fundamental neuen Konzepten, sondern vielmehr in der systematischen Kombination und Integration verschiedener, schnell fortschreitender technischer Entwicklungen und in den daraus resultierenden Synergien. Hierzu gehören Techniken zur Synthese und dem anschließenden Zusammenfügen von Genomteilen, das computergestützte Modellieren von neuen und komplexen Stoffwechselwegen, automatisierte genetische Manipulationsmöglichkeiten oder neue molekulare Werkzeuge zum einfachen und schnellen Einbringen gezielter und multipler Veränderung in Genome (»Genome Editing«), wie z. B. CRISPR/Cas.

Für eine gesellschaftliche und innovationspolitische Relevanzbetrachtung der Synbio reicht es aber bei Weitem nicht aus, die wissenschaftlichen Erfolge und Neuerungen zu betrachten – denn welche Anwendungen oder Produkte sich in der Praxis durchsetzen und dauerhaft ökonomisch überlebensfähig, d. h. profitabel werden, das hängt nur zum Teil von technischen Lösungen ab. Mindestens genauso entscheidend sind soziale, ökonomische und/oder politische Entwicklungen und Bedingungen, die meist nur schwer oder überhaupt nicht prognostizierbar, zum Teil auch nicht einmal erahnbar sind. Eine etwas genauere Betrachtung soll diese Einschätzung verdeutlichen.

### DIE ROLLE VON KOMBINIERTEN TECHNOLOGIEPLATTFORMEN

Die wissenschaftliche Literatur beschreibt eine Vielzahl von Beispielen für genetisch veränderte Mikroorganismen, die aufgrund dieser Veränderungen bzw. der Optimierung von Stoffwechselwegen (Metabolic Engineering) für die industrielle Biotechnologie relevante Chemikalien oder Biotreibstoffe herstellen können. Jedoch konnten bisher nur für relativ wenige dieser Verbindungen – darunter Polyhydroxyalkanoate (Biokunststoffe) oder die Zwischenchemikalie 1,3-Propandiol – vom Labormaßstab aus (»proof of principle«) industriell nutzbare und kommerziell erfolgreiche Produktionsstämme entwickelt werden (Erickson et al. 2012). Große Herausforderungen für die Entwicklung entsprechender Produktionsstämme umfassen neben den grundsätzlich notwendigen sehr hohen Produktkonzentrationen und Produktionsraten die mögliche Toxizität des Produkts für die Zellen, die Optimierung der Ausbeute in industriellen Großfermentern oder die Unabhängigkeit von teuren Zusatzstoffen (wie Antibiotika oder spezielle Wachstumsfaktoren) (van Dien 2013).

## VON DER OPTIMIERUNG EXISTIERENDER ZUR KONSTRUKTION NEUER STOFFWECHSELWEGE

Metabolic Engineering war in der Vergangenheit noch weit entfernt von »rationalen« Designprozessen für neuartige Stoffwechselwege oder gar von automatisierten Entwicklungsprozessen hierfür. Selbst die Veränderung weniger genetischer Elemente zur Optimierung bereits in natürlichen Organismen vorkommender, »nativer« Stoffwechselwege war sehr ressourcen- und zeitaufwendig. Dies machte die Herstellung von Stoffwechselwegen, welche die Integration nichtnativer (d. h. aus anderen Organismen stammender) oder veränderter/optimierter Enzyme benötigen, enorm zeit- und kostenaufwendig oder gar unmöglich. Genau solche Stoffwechselwege wären aber notwendig, um wichtige Zwischenprodukte für die chemische Industrie aus erneuerbaren Quellen (wie Pflanzenzucker) herzustellen. Bislang werden diese Stoffe noch aus Erdöl gewonnen, da sie oft natürlicherweise nicht von Organismen gebildet werden.

Die Entwicklung eines solchen »synthetischen« Stoffwechselwegs im seit Jahrzehnten genutzten Bakterium *E. coli* zur Herstellung im kommerziellen Maßstab von 1,4-Butandiol (Dien 2013; Yim et al. 2011) – eine nichtnatürliche Chemikalie und ein wichtiges Zwischenprodukt für die Produktion von Kunststoffen und Lösungsmitteln – kann illustrieren, welche Methoden und Techniken für eine solche Entwicklung notwendig sind. Der US-amerikanischen Firma Genomatica gelang das Vorhaben über die Entwicklung einer »integrierten Technologieplattform« mit iterativem Designzyklus, die verschiedene methodische und technologische Ansätze kombiniert (Barton et al. 2015). Diese umfasst computergestütztes »rationales« Modellieren/Vorhersagen von möglichen Synthesewegen (basierend auf Kenntnissen über

Enzymaktivitäten von *E. coli* und einer Reihe anderer Organismen). In umfassenden (sogenannten Omics-)Analysen werden Genexpression, Proteine, Metabolite und deren Veränderungen im Wachstumszyklus der Zellen untersucht, um limitierende Schritte und Verbesserungsmöglichkeiten zu detektieren. Des Weiteren werden automatisierte Hochdurchsatz- und softwaregesteuerte Klonierungsmethoden sowie Veränderungen in Enzymen (»enzyme engineering«) verwendet, um Tausende von genetisch modifizierten Varianten des Produktionsstammes zu produzieren. Die daraus resultierenden, oft multiplen Stoffwechselvarianten – die jeweils wieder weitere »Nebenwirkungen« an anderen Stellen des Zellmetabolismus haben können – werden anschließend getestet. Die erfolgversprechendsten Kandidaten werden selektiert und dienen als Ausgangspunkt für weitere Modellierungen sowie den nächsten Designzyklus.

Methoden bzw. Verfahren, wie die Kombination von Genen für Enzyme aus unterschiedlichen Organismen, die Verwendung von synthetisch kombinierten genregulatorischen DNA-Elementen oder das computergestützte »rationale« Design von Synthesewegen, die der Synbio üblicherweise zugeordnet werden, repräsentieren also nur einzelne Elemente bzw. Werkzeuge. Wie das Beispiel der Herstellung von 1,4-Butandiol zeigt, können die meisten Verfahren erst durch ihre Verwendung in Kombination mit anderen Technologien in komplexen und integrierten Entwicklungsprozessen eine »tatsächliche« Anwendung ermöglichen – in diesem Fall die Herstellung eines industriell nutzbaren Produktionsorganismus mit einem »synthetischen« Stoffwechselweg zur Gewinnung eines wichtigen nichtnatürlichen chemischen Zwischenprodukts aus Pflanzenzucker. Ob dieses Produkt sich tatsächlich langfristig am Markt durchsetzt bzw. ökonomisch überlebens-

fähig ist, hängt darüber hinaus von vielen weiteren Faktoren ab, wie die Entwicklungen im Bereich der Synbio-basierten Biokraftstoffe anschaulich zeigen.

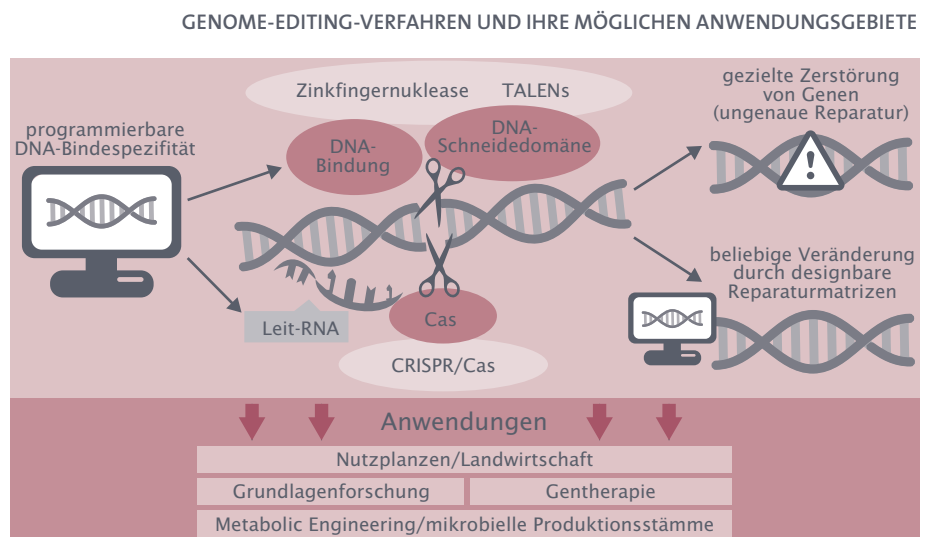
## »REVOLUTIONÄRE« WERKZEUGE? – SYN BIO UND GENOME-EDITING-VERFAHREN

Dass einzelne neue Methoden nicht per se, d. h. unabhängig von anderen Technologien und deren Entwicklung, neue Anwendungen erlauben, sollte auch bei der Beurteilung neuer »revolutionärer« Werkzeuge, wie den in den letzten Jahren aufgekommenen sogenannten Genome-Editing-Verfahren (Abb.), berücksichtigt werden.

Obwohl Genome-Editing-Verfahren bisher kaum explizit im direkten Zusammenhang mit der Synbio diskutiert wurden, sind sie sowohl über ihre Nutzung als auch durch ihre Entwicklung eng mit zentralen Konzepten der Synbio verbunden: Sie erlauben die Herstellung neuer biologischer Systeme und Funktionen in Organismen über die gezielte und designte Veränderung von Genen bzw. Genomen und beruhen, wie im Falle der sogenannten Zinkfinger-nukleasen (ZFN) und »transcription activator-like effector nucleases« (TALENs), auf gezielt kombinierten Molekülen, bestehend aus Teilen DNA-bindender und DNA-schneidender Proteine. Deren DNA-Bindfunktion kann über gentechnische Veränderungen so designt werden, dass sie beliebige Stellen des Genoms ansteuern können (Bogdanov/Voytas 2011; Urnov et al. 2010). An den Schnittstellen können Gene dann durch natürliche (teilweise ungenaue) Reparaturmechanismen zerstört (»non-homologous end joining« [NHEJ]) oder bei Zugabe von designbaren DNA-Reparaturvorlagen verändert werden (»homology-directed recombination« [HDR]).

Auch wurde ein über RNA-Moleküle gesteuertes DNA-Schneidesystem (CRISPR/Cas) aus Bakterien so verändert, dass es besonders einfach für das Genome Editing genutzt werden kann (Hsu et al. 2014). Dieses neueste und zuletzt heftig diskutierte System kann über relativ kleine (zu den Genen passende, »komplementäre«) RNAs einfacher, billiger und schneller als die früheren Genome-Editing-Werkzeuge (wie ZFN oder TALENs) »programmiert« werden und ermöglicht die simultane Veränderung mehrerer Gene (»multiplexing«). Dabei scheint es in verschiedenen Organismen (von Einzellern über Pflanzen bis hin zu menschlichen Zellen) anwendbar. CRISPR/Cas wird deshalb von nicht wenigen Forschern als »Revolution« für die molekularbiologische Forschung mit einer Vielzahl möglicher Anwendungen in Medizin, Landwirtschaft und Industrieproduktion gesehen (Ledford 2015).

Die Möglichkeiten der Genome-Editing-Verfahren zum ortsspezifischen Einfügen bzw. Austausch von Genen und das Einführen oder Ändern von beliebigen, auch subtilen genetischen Merkmalen (bis hin zum Austausch einzelner Basenpaare) eröffnen vielfältige neue Optionen für genbasierte Therapien in der Humanmedizin. So könnten Erbkrankheiten, die nicht auf dem Ausfall eines Gens (bzw. dessen Proteinprodukts), sondern wie die Huntington- oder die ALS-Krankheit auf einer Sequenz- und Funktionsabweichung (»gain of function«) eines Gens beruhen, über eine Korrektur der veränderten Gene (und dadurch deren Produkte) behandelt werden. Bislang konnte lediglich ein »fehlendes« Gen als Ganzes ergänzt werden. Theoretisch könnten auch natürlich vorkommende Unterschiede in bestimmten Genen, die zum Schutz vor Krankheiten beitragen (wie z. B. HIV/Aids, kardiovaskuläre Erkrankungen oder die Alzheimerkrankheit), präventiv in entsprechende Organe/Zellen eingebracht werden (Cox et



Die Verfahren beruhen auf chimären Proteinen, in denen eine DNA-Bindedomäne mit designbarer Spezifität mit einer DNA-Schneidedomäne kombiniert wurde (Zinkfinger-Nukleasen, TALENs), oder auf einem Komplex aus einer die DNA-Erkennung vermittelnden kleinen, einfach herzustellenden Leit-RNA und einem Protein mit DNA-Schneideaktivität (CRISPR/Cas). So können beliebige Stellen des Genoms spezifisch angesteuert und die DNA dort geschnitten werden. An den Schnittstellen können Gene dann durch natürliche Reparaturmechanismen zerstört oder bei Zugabe von designbaren DNA-Reparaturvorlagen quasi beliebig verändert werden.

al. 2015 und Referenzen darin). Des Weiteren sollten die mit der Methode durchführbaren direkten Genomveränderungen in befruchteten Eizellen (ohne den »Umweg« über embryonale Stammzellen) die Möglichkeiten zur Herstellung von Tiermodellen für Krankheiten deutlich erweitern (Singh et al. 2015). Dies ist besonders relevant bei Tieren mit langen Generationszeiten, z. B. nichthumanen Primaten (Guo/Li 2015; Niu et al. 2014).

### DIE FRAGE NACH MÖGLICHEN »KINDERN DER REVOLUTION«

Die grundsätzlichen Anwendungsperspektiven und erste Berichte über Experimente mit (nichtentwicklungsfähigen) menschlichen Embryonen (Cyranoski/Reardon 2015; Liang et al. 2015) haben in diesem Frühjahr intensive Diskussionen über den weiteren Umgang mit Genome-Editing-Verfahren aufkommen lassen. Im Mittelpunkt stehen Bedenken bezüglich der möglichen Nutzung für genetische Veränderungen

in menschlichen Embryonen und der menschlichen Keimbahn. Diese Bedenken beziehen sich vor allem auf die sichere Anwendung (z. B. unerwünschte »Off-Target-Effekte« an anderen Genen) sowie darauf, dass therapeutische Keimbahneingriffe die Tür für nichtmedizinische Anwendungen (Stichworte: Designerbaby, Eugenik) öffnen könnten. Weiterhin besteht die Befürchtung, dass die mit potenziellen Keimbahneingriffen verbundenen Bedenken mit der Diskussion um die Verwendung von Genome Editing in normalen Körperzellen (für die sogenannte somatische Gentherapie) zur Behandlung wichtiger Krankheiten, einschließlich klassischer Erbkrankheiten, aber auch von HIV/Aids oder Krebs, vermischt werden und dadurch deren Entwicklung gefährden könnten. Aufgrund dieser Bedenken und Befürchtungen wurde von Forschern und Forschungsorganisationen ein Moratorium für menschliche Keimbahnexperimente gefordert, um Chancen und Risiken des Verfahrens weiter zu erforschen und eine of-



fene gesellschaftliche Debatte über die Keimbahntherapie zu führen (z. B. Baltimore et al. 2015; Lanphier et al. 2015; für Deutschland s. Leopoldina et al. 2015; Reich et al. 2015).

## DIE SORGE UM ÖKOLOGISCHE WIRREN DER »REVOLUTION«

Eine weitere im Zusammenhang mit CRISPR/Cas nun sehr viel einfacher zu realisierende und deshalb in letzter Zeit vermehrt und kritisch diskutierte Anwendung – bis hin zur Nennung im »Global Risk Report« des WEF (2015) – sind Verfahren zur schnellen und effektiven Verbreitung von veränderten Genen in Populationen von Tieren oder Pflanzen, die als »gene drive« bezeichnet werden (Esvelt et al. 2014; Gantz/Bier 2015; Oye et al. 2014). Sie könnten beispielsweise genutzt werden, um Stechmückenpopulationen so zu verändern, dass sie keine Malariaerreger mehr übertragen können. Obwohl ihr Wirkprinzip impliziert, dass eine Ausbreitung der genetischen Veränderung in Populationen nicht mehr gestoppt werden kann, könnten die genetische Veränderungen durch eine weitere Gene-Drive-Anwendung wieder rückgängig gemacht werden (Esvelt et al. 2014) – aber möglicherweise nicht die dadurch entstandenen ökologischen Folgen. Deshalb dürfte eine eventuelle Zulassung für diese Verfahren mit sehr hohen Hürden verbunden sein.

## MÖGLICHE HÜRDEN FÜR DIE »REVOLUTION«

Die weitere Entwicklung des Genome Editing wird aller Wahrscheinlichkeit nach – wie im Fall der industriellen Nutzung gentechnisch veränderter mikrobieller Produktionsorganismen – nicht allein von den Synbio-Werkzeugen bzw. Methoden selbst, wie CRISPR/Cas oder TALENs, abhängen, sondern von einem Zusammenspiel mit den Entwicklungen und Fortschritten bei anderen Technologien. Für auf Genome

Editing basierende Gentherapien dürfte beispielsweise das gezielte Einbringen (»delivery«) von DNA, RNA oder Proteinen in vivo in bestimmte Organe von Bedeutung sein. Genome-Editing-Prozesse, die auf homologer Rekombination (HDR) basieren, sind abhängig von Zellteilungsprozessen, was Anwendungen im Gehirn bzw. für neurodegenerative Krankheiten einschränken könnte. Für ihre weitere Entwicklung dürften Wege zur Überwindung dieser Abhängigkeit sowie die Vermeidung von Off-Target-Effekten an anderen Genen eine Rolle spielen (Cox et al. 2015). In Bezug auf neue Nutzpflanzen schließlich werden neben Fortschritten bei anderen Methoden/Techniken, wie dem Einbringen von Genome-Editing-Werkzeugen in Pflanzen, insbesondere politische Entwicklungen im Umgang mit (teilweise unklaren) regulatorischen Fragen sowie die gesellschaftliche Akzeptanz entsprechender Produkte eine wichtige Rolle spielen (Nature 2015; Voytas/Gao 2014).

## INVENTION VS. INNOVATION – WELCHE FAKTOREN MACHEN DEN UNTERSCHIED?

Die in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Beispiele weisen darauf hin, dass die Entdeckung und Erfindung neuer Methoden nicht notwendigerweise per se, d. h. unabhängig von anderen Technologien (und deren Entwicklung), zu neuen breit genutzten und/oder ökonomisch überlebensfähigen Anwendungen und Produkten führen und nicht mit diesen gleichzusetzen sind: »Inventionen« sind nicht dasselbe wie »Innovationen«!

Neben dem beschriebenen notwendigen Zusammenspiel verschiedener, teils nur unterstützender Technologien können insbesondere die Konkurrenz von alternativen Technologien, die gesellschaftliche Akzeptanz sowie übergeordnete ökonomische und politische Entwick-

lungen entscheidenden Einfluss auf die Durchsetzungsfähigkeit von Innovationen ausüben. Solche Entwicklungen zu antizipieren, durch Modelle und Simulationen vorhersagen und »einplanen« zu können – das gilt mittlerweile als veralteter, unrealistischer Traum der Forschungs- und Innovationspolitik. Ein wichtiger Faktor sind sogenannte »Schwarze Schwäne«, d. h. unerwartete und unvorhersagbare (und statistisch höchst unwahrscheinliche) Ereignisse mit extremen Auswirkungen, die erst im Nachhinein zu erkennen sind (Taleb 2007 u. 2009). Die große Wirtschaftskrise von 1929 bis 1933 sowie das Internet werden hierzu oft gezählt (Makridakis et al. 2009).

## KAUM WÄGBARE FAKTOREN: DER ÖLPREIS – UND DIE ZUKUNFT VON BIOFUELS

Im Fall der Herstellung von Biokraftstoffen (Biofuels, wie Ethanol oder Kohlenwasserstoffe als Benzin-, Diesel- oder Kerosinersatz) mithilfe der Synbio kann die Finanzkrise von 2007 bis 2008 als ein solches unvorhergesehenes, folgenreiches Ereignis betrachtet werden. Über Jahre hinweg wurden Verfahren wie die mikrobielle Fermentierung von Biomasse, einschließlich nichtessbarer Pflanzenteile (Lignozellulose), oder die direkte Photosynthese in Mikroalgen als wichtigste Synbio-Anwendung genannt (unter Verweis auf die Bedeutung des Klimawandels, aber auch von Energieunabhängigkeit und -sicherheit). Tatsächlich waren in den Jahren 2006 bis 2008, d. h. vor und bis zur Finanzkrise, als Folge steil ansteigender Ölpreise die Herstellung von Biokraftstoffen und anderen Ansätzen von »Cleantech« auch und gerade im Bereich der synthetischen Mikrobiologie ein Hauptgebiet von Venture-Capital-Investitionen (Nordan 2011), Regierungsprogrammen und Investitionen großer Ölkonzerne (Economist 2013; Ferry 2015). Der Einbruch des Ölpreises durch die Finanzkrise (von

140 auf unter 50 US-Dollar je Barrel), seine schwankende Entwicklung danach sowie der erneute Absturz seit Mitte 2014 – bedingt durch das Zusammenspiel unterschiedlicher und unabsehbarer wirtschaftlicher und geopolitischer Faktoren (Economist 2014) – haben die Zuversicht in die wirtschaftliche Überlebensfähigkeit von Biokraftstoffen mittlerweile stark beeinträchtigt. Mehrere große Ölkonzerne, wie BP, Chevron, Exxon Mobil oder Shell, haben ihre Investitionen und Biokraftstoffaktivitäten eingeschränkt oder beendet (Downing/Gismatullin 2013; Economist 2013).

Auch heute ist nicht absehbar, wie sich die Preise von fossilen Brennstoffen bzw. von Öl und damit die Marktchancen von Biokraftstoffen in Zukunft entwickeln werden. Sie hängen u. a. von der globalen Konjunktur sowie Entwicklungen in den verschiedenen Krisengebieten der Welt ab, aber auch von technologischen Entwicklungen, wie z. B. Fortschritten bei der Speicherung von regenerativer elektrischer Energie. Nicht zuletzt werden politische Entscheidungen darüber, in welchem Umfang zukünftig mit fossilen Brennstoffen verbundene Subventionen abgebaut werden und inwiefern externe oder soziale Kosten (negative Externalitäten, wie z. B. Umweltverschmutzung und Klimaeffekte durch CO<sub>2</sub>) zu wettbewerbsbestimmenden Faktoren gemacht werden, eine wichtige Rolle spielen.

## GEMEINWOHLORIENTIERTE POLITIK UND UNABSEHBARE INNOVATIONEN

Entwicklungen und Faktoren dieser Art werden für »echte« Innovationen (in dem zuvor beschriebenen Sinne) aus Forschungsansätzen und -methoden immer eine große Rolle spielen. Auch die besten und nach menschlichem Ermessen in bester Voraussicht entwickelten technologischen Lösungen bzw. »re-

volutionären« Methoden und Ansätze in einem Feld werden von solchen entscheidenden gesellschaftlichen, ökonomischen oder politischen Faktoren abhängen, die meist unmöglich vorherzusagen oder manchmal auch nur zu erraten sind. Jede Abschätzung von wirklichen Innovationen, die aus solchen Lösungen und Methoden hervorgehen, ist daher sehr unsicher.

Das alles spricht gegen eine zu starke, frühzeitige Fokussierung auf bestimmte wissenschaftlich-technische Lösungen. Ohne einem naiven Planungsoptimismus aufzusitzen, bestehen dennoch Möglichkeiten der Gestaltbarkeit – oder zumindest eine durch entsprechende Rahmenbedingungen »geleitete/gerichtete Evolution« – von Innovationen als zentrales Ziel einer gemeinwohlorientierten FuE-Politik sowie speziell der partizipationsorientierten Bemühungen um RRI (s. den Beitrag von S. Albrecht im Schwerpunkt, S. 13 ff.). Die fordernde Aufgabe dabei ist und bleibt die gesellschaftliche Verständigung über die Gestaltung von Rahmenbedingungen, unter denen sich nachhaltige Innovationen mit möglichst geringen Folgen für Umwelt und Gesundheit entwickeln können.

Harald König  
Daniel Frank

## LITERATUR

Baltimore, D., Berg, P., Botchan, M., Carroll, D., Charo, R., Church, G., Corn, J., Daley, G., Doudna, J., Fennel, M., Greely, H. et al. (2015): A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification. In: *Science* 348(6230), S. 36–38

Barton, N., Burgard, A., Burk, M., Crater, J., Osterhout, R., Pharkya, P., Steer, B., Sun, J., Trawick, J., Dien, S. van, Yang, T., Yim, H. (2015): An integrated biotechnology platform for de-

veloping sustainable chemical processes. In: *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 42(3), S. 349–360

Bogdanove, A., Voytas, D. (2011): TAL effectors: customizable proteins for DNA targeting. In: *Science* 333(6051), S. 1843–1846

Codagenix (2015): Announcing our Series A Round to Support Clinical Development of the Ultra-Low Dose, Live Influenza Vaccine in our Pipeline. Press Release, 12.06.2015, [www.codagenix.com/index.html](http://www.codagenix.com/index.html) (13.10.2015)

Cox, D., Platt, R., Zhang, F. (2015): Therapeutic genome editing: prospects and challenges. In: *Nature Medicine* 21(2), S. 121–131

Cyranoski, D., Reardon, S. (2015): Chinese scientists genetically modify human embryos. In: *Nature News*, 22.04.2015, [www.nature.com/news/chinese-scientists-genetically-modify-human-embryos-1.17378](http://www.nature.com/news/chinese-scientists-genetically-modify-human-embryos-1.17378) (13.10.2015)

Dormitzer, P. (2015): Rapid production of synthetic influenza vaccines. In: *Current Topics in Microbiological Immunology* 386, S. 237–273

Downing, L., Gismatullin, E. (2013): Biofuel investments at seven-year low as BP blames cost. In: *Business News*, 08.07.2013, [www.bloomberg.com/news/articles/2013-07-07/biofuel-investments-at-seven-year-low-as-bp-blames-cost](http://www.bloomberg.com/news/articles/2013-07-07/biofuel-investments-at-seven-year-low-as-bp-blames-cost) (13.10.2015)

Economist (2013): What happened to biofuels? In: *The Economist*, 07.09.2013, [www.economist.com/news/technology-quarterly/21584452-energy-technology-making-large-amounts-fuel-organic-matter-has-proved-be](http://www.economist.com/news/technology-quarterly/21584452-energy-technology-making-large-amounts-fuel-organic-matter-has-proved-be) (13.10.2015)

Economist (2014): Why the oil price is falling. In: *The Economist*, 08.12.2014, [www.economist.com/blogs/econo-](http://www.economist.com/blogs/econo-)

- mist-explains/2014/12/ economist-explains-4 (26.11.2013)
- Erickson, B., Nelson, J., Winters, P. (2012): Perspective on opportunities in industrial biotechnology in renewable chemicals. In: *Biotechnology Journal* 7(2), S. 176–185
- Esvelt, K., Smidler, A., Catteruccia, F., Church, G. (2014): Concerning RNA-guided gene drives for the alteration of wild populations. In: *eLife* 2014, <http://elifesciences.org/content/elifelife/early/2014/07/15/eLife.03401.full.pdf> (13.10.2015)
- Ferry, D. (2015): The Promises and Perils of Synthetic Biology. In: *Newsweek*, 11.03.2015, [www.newsweek.com/2015/03/20/promises-and-perils-synthetic-biology-312849.html](http://www.newsweek.com/2015/03/20/promises-and-perils-synthetic-biology-312849.html) (13.10.2015)
- Gantz, V., Bier, E. (2015): Genome editing. The mutagenic chain reaction: a method for converting heterozygous to homozygous mutations. In: *Science* 348(6233), S. 442–444
- Guo, X., Li, X. (2015): Targeted genome editing in primate embryos. In: *Cell Research* 25(7), S. 767–768
- Hsu, P., Lander, E., Zhang, F. (2014): Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering. In: *Cell* 157(6), S. 1262–1278
- Khalil, A., Collins, J. (2010): Synthetic biology: applications come of age. In: *Nature Reviews Genetics* 11(5), S. 367–379
- König, H., Frank, D., Heil, R., Coenen, C. (2013): Synthetic Genomics and Synthetic Biology Applications Between Hopes and Concerns. In: *Current Genomics* 14(1), S. 11–24
- Lanphier, E., Urnov, F., Haecker, S., Werner, M., Smolenski, J. (2015): Don't edit the human germ line. In: *Nature* 519(7544), S. 410–411
- Ledford, H. (2015): CRISPR, the disruptor. In: *Nature* 522(7554), S. 20–24
- Leopoldina (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. – Nationale Akademie der Wissenschaften), DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), acatech (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.), Akademienunion (Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V.) (2015): Chancen und Grenzen des genome editing/The opportunities and limits of genome editing. Halle (Saale)
- Liang, P., Xu, Y., Zhang, X., Ding, C., Huang, R., Zhang, Z., Lv, J., Xie, X., Chen, Y., Li, Y., Sun, Y. et al. (2015): CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes. In: *Protein Cell* 6(5), S. 363–372
- Makridakis, S., Hogarth, R., Gaba, A. (2009): Forecasting and uncertainty in the economic and business world. In: *International Journal of Forecasting* 25(4), S. 794–812
- Mandell, D., Lajoie, M., Mee, M., Takeuchi, R., Kuznetsov, G., Norville, J.E., Gregg, C., Stoddard, B., Church, G. (2015): Biocontainment of genetically modified organisms by synthetic protein design. In: *Nature* 518(7537), S. 55–60
- Mueller, S., Coleman, J., Papamichail, D., Ward, C., Nimnual, A., Futcher, B., Skiena, S., Wimmer, E. (2010): Live attenuated influenza virus vaccines by computer-aided rational design. In: *Nature Biotechnology* 28(7), S. 723–726
- Nature (2015): Seeds of change. The European Union faces a fresh battle over next-generation plant-breeding techniques. In: *Nature* 520(7546), S. 131–132
- Nielsen, J., Keasling, J. (2011): Synergies between synthetic biology and metabolic engineering. In: *Nature Biotechnology* 29(8), S. 693–695
- Niu, Y., Shen, B., Cui, Y., Chen, Y., Wang, J., Wang, L., Kang, Y., Zhao, X., Si, W., Li, W., Xiang, A. et al. (2014): Generation of Gene-Modified Cynomolgus Monkey via Cas9/RNA-Mediated Gene Targeting in One-Cell Embryos. In: *Cell* 156(4), S. 836–843
- Nordan, M. (2011): The state of cleantech venture capital, part 1: The money. In: *Gigaom Research*, 28.11.2011, <https://gigaom.com/2011/11/28/the-state-of-cleantech-venture-capital-part-1-the-money/> (13.10.2015)
- Oye, K.A., Esvelt, K., Appleton, E., Catteruccia, F., Church, G., Kuiken, T., Lightfoot, S.B., McNamara, J., Smidler, A., Collins, J.P. (2014): Regulating gene drives. In: *Science* 345(6197), S. 626–628
- Reich, J., Fangerau, H., Fehse, B., Hampel, J., Hucho, F., Köchy, K., Korte, M., Müller-Röber, B., Taupitz, J., Walter, J., Zenke, M., (2015): Genomchirurgie beim Menschen – Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Analyse der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Berlin
- Rovner, A., Haimovich, A., Katz, S., Li, Z., Grome, M., Gassaway, B., Amiram, M., Patel, J., Gallagher, R., Rinehart, J., Isaacs, F. (2015): Recoded organisms engineered to depend on synthetic amino acids. In: *Nature* 518(7537), S. 89–93
- Schmidt, M. (2010): Xenobiology: a new form of life as the ultimate biosafety tool. In: *Bioessays: News and reviews in molecular, cellular and developmental biology* 32(4), S. 322–331
- Singh, P., Schimenti, J., Bolcun-Filas, E. (2015): A mouse geneticist's practi-

- cal guide to CRISPR applications. In: *Genetics* 199(1), S. 1–15
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2015): *Synthetische Biologie – die nächste Stufe der Bio- und Gentechnologie* (Autoren: Sauter, A., Albrecht, S., van Doren, D., König, H., Reiß, T., Trojok, R., unter Mitarbeit von Elsbach, S.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 164, Berlin
- Taleb, N. (2007): *The black swan: The impact of the highly improbable*. New York
- Taleb, N. (2009): *Errors, robustness, and the fourth quadrant*. In: *International Journal of Forecasting* 25(4), S. 744–759
- Urnov, F., Rebar, E., Holmes, M., Zhang, H., Gregory, P. (2010): *Genome editing with engineered zinc finger nucleases*. In: *Nature Reviews Genetics* 11(9), S. 636–646
- Dien, S. van (2013): *From the first drop to the first truckload: commercialization of microbial processes for renewable chemicals*. In: *Current Opinion in Biotechnology* 24(6), S. 1061–1068
- Voytas, D., Gao, C. (2014): *Precision genome engineering and agriculture: opportunities and regulatory challenges*. In: *Plos Biology* 12, e1001877
- WEF (The World Economic Forum) (2015): *Global Risks 2015. Insight report. 10th Edition*, Genf, <http://reports.weforum.org/global-risks-2015/> (13.10.2015)
- Yim, H., Haselbeck, R., Niu, W., Pujol-Baxley, C., Burgard, A., Boldt, J., Khandurina, J., Trawick, J., Osterhout, R., Stephen, R., Estadilla, J. et al. (2011): *Metabolic engineering of Escherichia coli for direct production of 1,4-butanediol*. In: *Nature Chemical Biology* 7(7), S. 445–452

# DIE BEVÖLKERUNG AN DER ENTWICKLUNG DER SYNTHETISCHEN BIOLOGIE BETEILIGEN – ABER WIE?

Die Forschung im Bereich der Synthetischen Biologie, zumindest soweit es um die Synthetische Biologie im engeren Sinn geht, stellt derzeit noch in weiten Teilen Grundlagenforschung dar, die auf die Labore beschränkt ist. Sollten ihre in die Zukunft gerichteten Visionen und Versprechungen realisiert werden, könnte sie jedoch zu grundlegenden gesellschaftlichen Veränderungen führen. Die möglicherweise große Relevanz der Synthetischen Biologie spiegelt sich in der vergleichsweise intensiven Beobachtung, die dem Forschungsgebiet durch die Medien und Politik, aber auch durch die Begleitforschung zukommt. In Kontrast dazu steht allerdings eine bislang geringe Beteiligung der breiteren Öffentlichkeit an den entsprechenden Diskussionen. Inwiefern eine stärkere Beteiligung der Öffentlichkeit an der Entwicklung der Synthetischen Biologie wünschenswert ist und welche Formen sie annehmen kann, wird in diesem Beitrag diskutiert.

Die Ergebnisse einer aktuellen Studie zum Meinungsbild der deutschen Bevölkerung zur Synthetischen Biologie sind deutlich: »Das Interesse an der Synthetischen Biologie ist in der Bevölkerung gering, sie wird von den Befragten als abstraktes Gebiet mit wenig Alltagsnähe wahrgenommen« (Leopoldina/IfD Allensbach 2015, S. 9). 82 % der Befragten gaben an, kaum etwas oder gar nichts über die Synbio zu wissen, nur 2 % sagten, sie würden sich bei diesem Thema ganz gut auskennen (Leopoldina/IfD Allensbach 2015, S. 45). Wissenschaftler und Journalisten schätzten das Thema als besonders schwierig zu vermitteln ein. Die Studie bestätigt damit die Annahme, dass die Synbio in der Öffentlichkeit bislang kaum wahrgenommen wird (Kaiser 2012).

Angesichts des Fehlens eines weithin geteilten Verständnisses der Synbio vermag dieser Befund nicht zu überraschen. Er wird allerdings nahezu unisono von den wissenschaftlichen Akademien, Forschungsförderern und Experten, die sich mit der Bewertung der Synbio beschäftigt haben, bedauert. Diese werten die Einbindung möglichst breiter Kreise der Bevölkerung in die Diskussion über die Synbio und die von ihr aufgeworfenen ethischen, rechtlichen, gesellschaftlichen und politischen Fragen als eine wichtige Komponente eines verantwortungsvollen Umgangs mit den neuen wissenschaft-

lichen und technologischen Möglichkeiten. Sie sprechen sich für verstärkte Anstrengungen aus, den öffentlichen Diskurs über die Synbio zu fördern (DFG et al. 2009; EGE 2009; PCSBI 2010). Auch zivilgesellschaftliche Organisationen haben sich bereits 2006 für eine stärkere Beteiligung gesellschaftlicher Akteure ausgesprochen, die über die Selbstregulierung durch Wissenschaftler hinausgeht (ETC Group 2006).

## GRÜNDE FÜR EINE FRÜHZEITIGE BETEILIGUNG DER ÖFFENTLICHKEIT

Die frühzeitige Beteiligung der Öffentlichkeit soll dabei helfen, die Werte und Perspektiven, aber auch das Wissen möglichst vieler unterschiedlicher gesellschaftlicher Akteure bei Entscheidungen über die Förderung bzw. Regulierung der Synbio zu berücksichtigen (EGE 2009, S. 55; ERASynbio 2014). Auf diese Weise sollen festgefahrene Konflikte wie bei der Grünen Gentechnik vermieden werden, bei der die öffentliche Debatte erst spät einsetzte und (in Deutschland) zu einer breiten Ablehnung führte (Leopoldina/IfD Allensbach 2015). Beteiligungsangebote zielen daher zum einen darauf, der Öffentlichkeit schon vor einer eventuellen Anwendungsreife Informationen über die wissenschaftlichen und technologischen Entwicklungen im Gebiet

der Synbio zu vermitteln und auf diese Weise eine Meinungsbildung zu unterstützen (PCSBI 2010).

Öffentlichkeitsbeteiligung geht aber über einseitige Informationsflüsse hinaus, wie sie für rein konsultativ bzw. informativ ausgerichtete Angebote kennzeichnend sind. Die öffentliche Diskussion von Ansichten und Argumenten soll daher zum anderen dazu beitragen, deren Gehalt und deren Tragweite zu überprüfen und Präferenzen ggf. neu zu bewerten, bevor auf ihrer Basis Entscheidungen getroffen werden (Kaebnick et al. 2014). Nicht zuletzt entspricht die Beteiligung der Öffentlichkeit der normativen Forderung der Demokratietheorie, politische Entscheidungen an die Ergebnisse öffentlicher Beratungen all derjenigen rückzukoppeln, die möglicherweise von ihren Folgen betroffen sind (Kaebnick et al. 2014; PCSBI 2010). Auf diese Weise kann die Legitimität von Entscheidungen, wie z. B. solchen über Prioritäten der Forschungsförderung oder die Ausgestaltung der Regulierung, erhöht werden. Allerdings ist nicht generell zu erwarten, dass dadurch Akzeptanz für bestimmte Forschungsrichtungen geschaffen werden kann, wie zuweilen angedeutet wird (ERASynBio 2014, S. 3; PCSBI 2010, S. 153). Vielmehr müssen entsprechende Diskussionen ergebnisoffen gestaltet sein, wenn sie sowohl die Qualität der Entscheidungen als auch deren Legitimität erhöhen sollen (Grunwald 2002).

## NUR WENIGE BEISPIELE VON ÖFFENTLICHKEITSBETEILIGUNG

Allen Appellen und Begründungen zum Trotz finden sich bislang nur sehr wenige Beispiele für Beteiligungen, die über eine geringe Zahl von Akteuren hinausgehen oder einen konkreten Bezug zu (forschungs)politischen Entscheidungen haben. Die bedeutendste Aktivität in dieser Hinsicht stellt der »Synthe-

tic Biology Dialogue« dar, der 2010 auf Initiative des Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC) und des Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) in Großbritannien durchgeführt wurde (BBSRC et al. 2010). In mehreren regional verteilt durchgeführten Workshops wurden dabei insgesamt 160 Laien, Wissenschaftler und weitere Stakeholder zur Diskussion ihrer Meinungen, Fragen und Forderungen zur Synbio eingeladen.

Die Ergebnisse wurden in Form von Empfehlungen bzw. Forderungen in Gremien des britischen Parlaments sowie der beteiligten Research Councils eingebracht. Welche Auswirkung diese auf die Politik hatten, lässt sich angesichts der vielfältigen weiteren Einflussfaktoren nicht seriös einschätzen (Grant et al. 2011). Einerseits wurden die fünf zentralen Fragen, die als Ergebnis des Dialogs mit Blick auf zukünftige Forschungen formuliert wurden, sowohl in der »Synthetic Biology Roadmap« (UK Synthetic Biology Roadmap Coordination Group 2012) als auch in der strategischen Vision des ERASynBio-Netzwerks der europäischen Forschungsförderungseinrichtungen (ERASynBio 2014) als Handlungsorientierung zitiert. Andererseits zeigte eine Recherche im Rahmen des TAB-Projekts, dass der Dialog in lediglich vier Presseartikeln Niederschlag fand, was angesichts der Bedeutung des Dialogs und eines Budgets von über 300.000 britischen Pfund überraschend wenig erscheint.

In Deutschland fanden bisher keine vergleichbaren Aktivitäten statt. Die stärkste Einbeziehung der Öffentlichkeit hinsichtlich der Zahl und Verschiedenheit der Teilnehmer dürfte in Form von öffentlichen Diskussionsveranstaltungen mit Experten erreicht worden sein, die insbesondere durch den Deutschen Ethikrat (2011 in Mannheim) sowie das EU-Projekt »Synth-Ethics«

(2011 in Karlsruhe) durchgeführt wurden. Während sich die Teilnehmer bei diesen Veranstaltungen auf bereits interessierte Personen beschränkten, erreichte ein Plenum des Deutschen Evangelischen Kirchentags (2015 in Stuttgart) ein sehr heterogenes und mit über 1.000 Zuhörern auch zahlenmäßig großes Publikum. Auch bei dieser Veranstaltung blieben jedoch die Intensität der Interaktion und die Anbindung an politische Entscheidungsprozesse sehr begrenzt.

Zivilgesellschaftliche Organisationen aus dem Umwelt- oder Entwicklungsbereich haben sich in Deutschland bisher – von Ausnahmen abgesehen – nicht intensiver in die öffentliche Diskussion über die Synbio eingebracht. Dafür können zwei Ursachen angenommen werden: Zum einen erscheint es für eine aktive Mobilisierung noch zu früh, da die Synbio noch zu weit von den Verbrauchern entfernt ist. Zum anderen fehlen den Organisationen häufig die personellen Ressourcen für eine fachliche Begleitung neuer Technologien. Die Einmischung zivilgesellschaftlicher Organisationen »bottom up« stellt jedoch eine wichtige Ergänzung der Top-down-Aktivitäten staatlich finanzierter Institution dar.

### **DAS DILEMMA FRÜHZEITIGER BETEILIGUNG IM FALL NEU ENTSTEHENDER TECHNOLOGIEN**

Wie lässt sich das Auseinanderklaffen der Forderungen nach stärkerer Beteiligung der Öffentlichkeit einerseits und dem Stand entsprechender Umsetzungen andererseits erklären? Und welche Optionen lassen sich identifizieren, um das offenkundige Dilemma einer praktischen Umsetzung frühzeitiger Beteiligung im Fall der Synbio zu überwinden?

Für eine Erklärung dürften fehlende Ressourcen nur bedingt relevant sein.

Zwar spielen diese möglicherweise bei manchen NRO eine Rolle, auch werden nicht viele Institutionen bereit sein, einen ähnlich hohen finanziellen Aufwand für die Bürgerbeteiligung einzusetzen wie die beiden britischen Research Councils beim »Synthetic Biology Dialogue«. Offensichtlicher ist jedoch der Mangel an Konzepten, wie die Öffentlichkeit sinnvoll an Fragen der zukünftigen Entwicklung der Synbio beteiligt werden sollte. In den erwähnten Stellungnahmen zur Synbio, in denen eine stärkere Öffentlichkeitsbeteiligung gefordert wird, finden sich zwar einige Hinweise zum Management der Kommunikation als eine wichtige Voraussetzung für eine gehaltvolle Beteiligung (s. auch die ausführliche Behandlung dieser Frage durch acatech 2012). Doch es werden nur wenige konkrete Vorschläge bezüglich der praktischen Umsetzung anspruchsvollerer Beteiligungsformate geäußert.

Die UK Synthetic Biology Roadmap Coordination Group (2012, S. 19) definierte immerhin die Zielgruppen (»stakeholders, regulators and the public«) und den Zeitpunkt (»from the onset«) für Beteiligung und empfahl die Einbindung von Geistes- und Sozialwissenschaftlern in Forschungsprojekte zur Synbio. Die PCSBI (2010, S. 152 ff.) betonte die Notwendigkeit, möglichst unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen anzuhören und die Ansichten in einem deliberativen Austausch zu diskutieren – auch dies möglichst bereits in einem frühen Stadium der Entwicklung. Im Strategiepapier des ERASynBio-Netzwerks (2014, S. 16) wurde darauf hingewiesen, dass Sozialwissenschaftler in solche Synbio-Projekte involviert werden sollten, die grundlegende oder neue ethische, rechtliche oder gesellschaftliche Fragen aufwerfen. Am weitesten gingen Kaebnick et al. (2014), indem sie explizit Fragen der Ausgestaltung der Öffentlichkeitsbeteiligung diskutierten, z. B., welche Vorteile deliberative Ver-

fahren böten und welche Rolle Repräsentanten dabei spielen sollten.

In der Tat verweisen die Probleme der praktischen Umsetzung von Öffentlichkeitsbeteiligung auf ein grundsätzliches Dilemma, das sich bei neu entstehenden Technologien (»new and emerging science and technologies« [NEST]) stellt. Die Synbio weist mit dem noch frühen Entwicklungsstand von Forschung und Technologie, den zum Teil sehr weitreichenden Erwartungen hinsichtlich der Potenziale, aber auch der möglichen Probleme entsprechender Anwendungen (auch als »Hope-, Hype- und Fear-Technologie« bezeichnet; Sauter 2011) und mit dem frühen Einsetzen von Begleitforschungsaktivitäten typische NEST-Merkmale auf. Das Dilemma wurde bereits 1980 von David Collingridge als grundlegendes Problem gestaltender Eingriffe in die technologische Entwicklung beschrieben: Einerseits erscheint es sinnvoll, bereits zu einem frühen Zeitpunkt in die Entwicklung neu entstehender Technologien einzugreifen, weil die Gestaltungsmöglichkeiten noch vergleichsweise groß sind. Andererseits sind zu diesem Zeitpunkt noch so viele Fragen offen, dass sich konkrete Einschätzungen der zukünftigen Entwicklung und damit von Nutzen und Risiken kaum treffen lassen (Collingridge 1980).

Für neu entstehende Technologien wie die Synbio, aber auch die Nanotechnologie, Human Enhancement oder Climate Engineering gilt dies in besonderem Maße, da die Ungewissheiten über zukünftige Entwicklungen bei ihnen besonders groß sind (Grunwald 2015). Und für die Beteiligung der Öffentlichkeit im Fall neu entstehender Technologien, beispielsweise durch etablierte Verfahren der partizipativen TA wie Konsensuskonferenzen oder Fokusgruppen, stellt sich das Dilemma in zugespitzter Form, weil die Teilnehmenden zunächst für den Gegenstand der Deliberation interessiert (Bogner



Quelle: Markus Schmidt

2010) und aufwendig über ihn aufgeklärt werden müssen und insbesondere, weil die Diskussion notwendigerweise hochgradig spekulativ sein müsste.

## ÖFFENTLICHKEITSBETEILIGUNG BEI NEST NEU DENKEN

Zwei neuere Ansätze der Gestaltung von Öffentlichkeitsbeteiligung bei NEST, das »Vision Assessment« und »Responsible Research and Innovation« (RRI), greifen diesen spekulativen Charakter entsprechender Diskussionen gezielt auf und versuchen nicht, ihn zu eliminieren, sondern machen gerade ihn zu ihrem konzeptuellen Ausgangspunkt. Beim »Vision Assessment« (Grunwald 2013) werden Zukunftsszenarien und Visionen möglicher Anwendungen der Synbio zum Gegenstand der Beobachtung gemacht, die auf ihre Plausibilität, ihre nötigen Voraussetzungen und Implikationen überprüft werden und über deren Erwünschtheit mit gesellschaftlichen Akteuren debattiert wird. Dadurch soll Aufschluss über gegenwärtige gesellschaftliche Diskurse und Praktiken sowie über implizit bleibende Hoffnungen und Sorgen gewonnen werden. Den methodischen Zugang zu

diesen Debattengehalten sollen hermeneutische Verfahren eröffnen, also Verfahren der Deutung und Interpretation von Äußerungen oder Texten und der Aufdeckung von deren Sinngehalten. Die Diskussion über geeignete Verfahren und Formen ihrer Anwendung hat allerdings erst begonnen (Grunwald 2015). Es geht also nicht um das Gewinnen von Wissen über die Folgen (zukünftiger) technologischer Entwicklungen wie üblicherweise in der TA, sondern um Orientierungswissen über die Ideen und Werte, die gegenwärtig die Entwicklung anleiten. Ein solches Vision Assessment löst das Dilemma, bedeutet aber selbst noch keine Einbeziehung der Öffentlichkeit. Es kann aber als Begleitforschung durchgeführt werden und entsprechende öffentliche Diskussionen informieren und anregen.

Wie das Konzept »Responsible Research and Innovation« (EC 2013) mit dem spekulativen Charakter von Diskussionen über die Synbio umgeht, lässt sich anhand des »BIO-FICTION Science Art Film Festivals« (Abb.) verdeutlichen, das im Oktober 2014 in Wien stattfand. Den Besuchern des Festivals begegneten im traditionsreichen Naturhistorischen Museum Installa-

tionen von Künstlern, die sich aus vielfältigen Perspektiven mit der Synbio auseinandersetzen, interaktive Demonstrationen von DIY-Biologen, die aktuelle Entwicklungen der »Citizen Science« widerspiegeln, sowie – in einem nahegelegenen Kino – Vorführungen von 60 Kurzfilmen, die die Synbio aus künstlerischer bzw. dokumentarischer Sicht reflektierten. Den Rahmen des Festivalprogramms bildeten Vorträge und Podiumsdiskussionen mit Philosophen, Naturwissenschaftlern, Künstlern und anderen, die zur Diskussion und Reflexion der Erlebnisse einluden. Das Festival bot somit nicht nur einen kognitiven Zugang zur Synbio, sondern sprach die Sinne der Besucher an, wobei die Entwicklung von spekulativen Visionen ebenso Ziel der Veranstaltung war wie deren Erleben und Reflexion.

## RRI IN DER SYNTHETISCHEN BIOLOGIE

Das BIO·FICTION Festival ist Teil des von der EU geförderten Projekts »SYNENERGENE« ([www.synenergene.eu](http://www.synenergene.eu)), das dabei helfen soll, das RRI-Konzept im Feld der Synbio umzusetzen. Dazu entwickeln die Projektpartner Veranstaltungsformate bzw. Aktivitäten, die eine möglichst große Zahl unterschiedlicher Stakeholder aus Wissenschaft, Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Wissenschaftsvermittlung und Politik zusammenbringen sollen, um einen langfristigen Dialog über die Ausrichtung und Weiterentwicklung der Synbio zu befördern. Ein solcher wechselseitiger Austausch zwischen Akteuren, die bisher als wesentliche Protagonisten von Innovationsprozessen angesehen wurden, und gesellschaftlichen Akteuren, die vor allem als Nutzer von Innovationen angesehen wurden, steht im Kern des RRI-Konzepts. Auf diese Weise sollen bereits frühzeitig im Innovationsprozess ethische Aspekte sowie Fragen der Nachhaltigkeit

und sozialen Erwünschtheit berücksichtigt werden (Schomberg 2012). Staatliche Institutionen sowie TA-Akteure nehmen dabei zwar eine wichtige Rolle ein, gleichzeitig wird aber deutlich, dass eine direktere Kopplung zwischen gesellschaftlichen Akteuren und Innovatoren angestrebt wird. Durch einen stärkeren Diskurs zwischen Forschern, Entwicklern und gesellschaftlichen Akteuren und durch neue Formen der Ausbildung von Innovatoren soll eine Kultur der kollektiven Verantwortung (Owen et al. 2013) geschaffen werden.

RRI stellt bislang – wie auch die hermeneutische TA – in erster Linie ein Konzept dar, das zwar breit diskutiert wird und bereits Eingang in die Forschungsförderungsprogramme der EU gefunden hat, dessen praktische Umsetzung allerdings noch viele Fragen offen lässt (Oudheusden 2014; Rip 2014). Die breite Resonanz, die das Konzept in der TA-Forschung gefunden hat, deutet jedoch darauf hin, dass es einen geeigneten Rahmen darstellt, die Diskussion über die weitere Entwicklung der TA, gerade auch angesichts der Herausforderungen durch neu entstehende Technologien, weiterzuführen. Projekte wie »SYNENERGENE«, das als sogenannter »Mobilisation and Mutual Learning Action Plan« (MMLAP) wechselseitige Lernprozesse unter den Beteiligten (»mutual learning«) mit der Ausstrahlung nach außen in die Gesellschaft hinein (»mobilisation«) verbinden soll, lassen sich als Versuche ansehen, die von RRI angestrebten Interaktionsprozesse zu etablieren und im gleichen Zuge das Konzept von RRI weiterzuentwickeln. »SYNENERGENE« trägt insofern zu RRI im Bereich der Synbio bei, als es mit neuen Formen experimentiert, um gesellschaftliche Akteure in die Diskussion über dieses Forschungsgebiet und seine Entwicklung einzubeziehen und deren Sichtweisen bereits früh berücksichtigen zu können.

## KÜNSTLERISCHE REFLEXION UND CITIZEN SCIENCE ...

Der besondere Ansatz von »SYNENERGENE« ist dadurch gekennzeichnet, dass die Beteiligung nicht in erster Linie direkt auf ethische Fragen und solche der Regulierung ausgerichtet ist, sondern sich auch mithilfe künstlerischer Reflexionen und konkreter Erfahrungen an das Thema annähert. Neben dem BIO·FICTION Festival wurde beispielsweise im Juli 2015 durch das Theater Freiburg ein Themenkongress zur Synbio mit mehreren Theaterperformances veranstaltet, bei dem auch studentische Teams des internationalen Wettbewerbs zur Synbio, iGEM, mitwirkten. Außerdem entwickeln mehrere Science Centren bzw. Museen an verschiedenen europäischen Standorten Experimente und Exponate, um ihre Besucher zur praktischen und reflexiven Auseinandersetzung mit der Synbio anzuregen und diese auch in Schulen hineinzutragen. Solche innovativen Teilnehmungsformate sind in »SYNENERGENE« immer kombiniert mit klassisch partizipativen Verfahren wie Expertenworkshops und öffentlichen Dialogveranstaltungen.

Für die Begleitung der Entwicklungen in der Synbio stellen die konzeptuelle Offenheit und die damit verbundene methodische Experimentierfreudigkeit in Bezug auf das RRI-Konzept eine interessante Möglichkeit dar, neue Ansätze der Beteiligung einer breiteren Öffentlichkeit an noch kaum absehbaren technologischen Entwicklungen zu erproben. Die Vielfalt der Zugänge zum Diskussionsgegenstand, von etablierten deliberativen Verfahren über künstlerische Reflexionen im Medium des Films, des Theaters oder der Kunst bis hin zur handfesten Einbindung in Citizen-Science-Projekte in Science Centren oder DIY-Biolaboren, erlaubt einen neuen, zunächst nicht von bisherigen Konfliktlinien belasteten Zugang zu den durch die Synbio aufgeworfenen



Fragen. Er bleibt dabei dennoch dem Ziel der partizipativen TA treu, das Wissen, die Sichtweise und die Wertvorstellungen einer möglichst großen Zahl unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen einzubeziehen und bei Entscheidungen zu berücksichtigen. Zur Beurteilung der praktischen Auswirkungen dieser Formate frühzeitiger Beteiligung bei neu entstehenden Technologien sind allerdings zunächst noch weitere Erfahrungen nötig.

### ... IN VERBINDUNG MIT ETABLIER- TEN BETEILIGUNGSVERFAHREN

Eine fortgeführte, durchaus kritische Diskussion und Erwägung von RRI durch die TA-Forschung erscheint sinnvoll, um das Konzept zum einen inhaltlich auszugestalten und zum anderen die bisherigen Errungenschaften der Entwicklung der TA-Methodik nicht aus dem Blick zu verlieren. So wichtig die Einbeziehung der Forschenden in Wissenschaft und Industrie und eine direkte Zusammenarbeit gesellschaftlicher Akteure mit ihnen für die Förderung einer Kultur der gemeinsamen Verantwortung ist, darf ihre Betonung nicht dazu führen, dass sich staatliche Institutionen aus dieser Verantwortung herausziehen – letztlich ist nur bei ihnen die demokratische Legitimation gewährt, wohingegen zivilgesellschaftliche Vertreter ebenso wie Unternehmen zunächst einmal partikuläre Interessen vertreten. Auch ist bei allen Experimenten mit neuen Formen der Beteiligung darauf zu achten, dass sie mit deliberativen Elementen und mit einem diskursiven Austausch von Meinungen und Argumenten verbunden werden, damit die Ziele einer Beteiligung, die Berücksichtigung vielfältiger Interessen und deren Weiterentwicklung im Rahmen diskursiver Auseinandersetzungen erreicht werden können.

*Steffen Albrecht*

## LITERATUR

acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.) (2012): Perspektiven der Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen – Randbedingungen – Formate. acatech POSITION, Heidelberg

BBSRC (Biotechnology and Biological Sciences Research Council), EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council), Sciencewise – ERC (2010): Synthetic Biology Dialogue (Autoren: Bhattachary, D., Calitz, J., Hunter, A.). o. O., [www.bbsrc.ac.uk/documents/1006-synthetic-biology-dialogue-pdf/](http://www.bbsrc.ac.uk/documents/1006-synthetic-biology-dialogue-pdf/) (13.10.2015)

Bogner, A. (2010): Partizipation als Laborexperiment. Paradoxien der Laiendeliberation in Technikfragen. In: Zeitschrift für Soziologie 39(2), S. 87–105

Collingridge, D. (1980): The social control of technology. London

DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.), Leopoldina (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. – Nationale Akademie der Wissenschaften) (2009): Synthetische Biologie – Stellungnahme. Bonn u. a. O.

EC (European Commission) (2013): Options for Strengthening Responsible Research and Innovation. Report of the Expert Group on the State of Art in Europe on Responsible Research and Innovation. [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/options-for-strengthening\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/options-for-strengthening_en.pdf) (13.10.2015)

EGE (European Group on Ethics in Science and New Technologies to the European Commission) (2009): Ethics of Synthetic Biology. Opinion No 25, Brüssel

ERASynBio (European Research Area Network for the Development and Coordination of Synthetic Biology in Europe) (2014): Next Steps for European Synthetic Biology: a Strategic Vision from ERASynBio. o. O.

ETC Group (2006): Global Coalition Sounds Alarm on Synthetic Biology, Demands Oversight and Societal Debates. News Release, 19.05.2006 [www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/8/01/nr\\_synthetic\\_bio\\_19th\\_may\\_2006.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/8/01/nr_synthetic_bio_19th_may_2006.pdf) (13.10.2015)

Grant, L., Gardiner, C., Williams, B., Fisher, A. (2011): Synthetic Biology Dialogue Follow up Evaluation Report. Laura Grant Associates, [www.bbsrc.ac.uk/documents/synbio-dialogue-evaluation-final-pdf/](http://www.bbsrc.ac.uk/documents/synbio-dialogue-evaluation-final-pdf/) (13.10.2015)

Grunwald, A. (2002): Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin

Grunwald, A. (2013): Techno-visionary sciences. Challenges to Policy Advice. In: Science, Technology & Innovation Studies 9(2), S. 21–38

Grunwald, A. (2015): Die hermeneutische Erweiterung der Technikfolgenabschätzung. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 24(2), S. 65–69

Kaebnick, G.E., Gusmano, M.K., Murray, T.J., (2014): The Ethics of Synthetic Biology: Next Steps and Prior Questions. In: Hastings Center Report 44(6), S. S4–S26

Kaiser, M. (2012): Commentary: looking for conflict and finding none? In: Public Understanding of Science 21(2), S. 188–194

Leopoldina (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. – Nationale Akademie der Wissenschaften), IfD Allensbach (Institut für Demoskopie Allensbach – Gesellschaft zum Stu-

dium der öffentlichen Meinung mbH) (2015): Die Synthetische Biologie in der öffentlichen Meinungsbildung. Überlegungen im Kontext der wissenschaftsbasierten Beratung von Politik und Öffentlichkeit. Diskussion Nr. 3, Halle (Saale)

Oudheusden, M. van (2014): Where are the politics in responsible innovation? European governance, technology assessments, and beyond. In: *Journal of Responsible Innovation* 1(1), S. 67–86

Owen, R., Macnaghten, P., Stilgoe, J. (2012): Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. In: *Science and Public Policy* 39(6), S. 751–760

PCBSI (Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues) (2010): *New Directions. The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies*. Washington, D.C.

Rip, A. (2014): The past and future of RRI. In: *Life Sciences, Society and Policy* 10, S. 17

Sauter, A. (2011): Synthetische Biologie. Finale Technisierung des Lebens – oder Etikettenschwindel? In: TAB-Brief Nr. 39, S. 23–30

Schomberg, R. von (2012): Prospects for Technology Assessment in a Framework of Responsible Research and Innovation. In: Dusseldorf, M., Beecroft,

R. (Hg.): *Technikfolgen abschätzen lehren*. Wiesbaden, S. 39–61

Stemerding, D., de Vriend, H., Walhout, B., van Est, R. (2009): Synthetic Biology and the Role of Civil Society Organizations. In: Schmidt, M., Kelle, A., Ganguli-Mitra, A., de Vriend, H. (Hg.): *Synthetic Biology. The technoscience and its societal consequences*. Dordrecht u. a. O., S. 155–176

UK Synthetic Biology Roadmap Coordination Group (2012): *A synthetic biology roadmap for the UK*. o. O., [www.rcuk.ac.uk/RCUK-prod/assets/documents/publications/SyntheticBiologyRoadmap.pdf](http://www.rcuk.ac.uk/RCUK-prod/assets/documents/publications/SyntheticBiologyRoadmap.pdf) (13.10.2015)

# BIOHACKING ODER DIE ERLEBNISSE DES JOSEF K. AN DER UNIVERSITÄT – EINE GLOSSE

Biohacker sind häufig Grenzgänger zwischen institutionalisiertem Forschungsbetrieb und unabhängig betriebener Bürgerwissenschaft. Diese Wissenschaftsglosse soll die Probleme verdeutlichen, die beim Wechsel zwischen den Bereichen auftreten und die auf grundsätzlichere Fragen des Verhältnisses von Wissenschaft und Öffentlichkeit verweisen. Sie beruht auf realen Begebenheiten.

In irgendeiner Universität in Deutschland findet irgendwann im Jahr 2015 eine kleine Konferenz zu Technowissenschaften statt. Die Stimmung ist fast schon familiär, man kennt sich seit Langem. Die geladenen Experten für Ethik und Technologie stammen aus aller Welt, besetzen in ihren Ländern zum Teil wichtige Positionen, manche beraten Parlamente und andere politische Gremien. Um etwas frischen Wind in die eingespielte Community zu bringen, haben die Veranstalter den Biohacker Josef K. eingeladen als einen Vertreter dieser sonderbaren und undefinierten Spezies: Mischwesen aus Wissenschaftler, Bastler und Künstler – kurzum, ein Bürgerwissenschaftler. Josef K. gibt an, einen Master of Science in Biotechnologie und einen Master of Arts in Design zu besitzen, hat aber bislang nichts in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert und daher einen Impactfaktor von 0,0. Aber man findet Dutzende Hits

auf Google zu ihm und einige Berichte in Zeitungen und sogar im Fernsehen.

Josef K. reist für die Veranstaltung extra aus dem fernen Norden an und bringt dazu sein eigenes Material mit, obwohl kein Honorar von der Universität bezahlt werden kann – das geht leider nicht, da man strenge EU-Vorgaben einzuhalten habe. Er möchte, obwohl bzw. gerade weil für die Geisteswissenschaftler unter den Konferenzteilnehmern ungewohnt, einen Hands-on-Workshop veranstalten, also mit den Experten einen praktischen Versuch durchführen.

Ziel des Workshops ist es, die Hintergründe der Antibiotikakrise zu beleuchten (siehe Kasten). Dazu soll frisches Gemüse aus dem Umland der Universität (Abb. 1) auf das Vorhandensein von Bakterien untersucht werden, die Resistenzgene gegen Antibiotika aufweisen.

Die Teilnehmer sollen die Bakterien aus der Ackererde, die am Gemüse klebt, auf einem aus handelsüblichen Haushaltsmitteln hergestellten selektiven Nährboden anzüchten. Wer sich darauf einlasse, könne eines der wesentlichen Probleme der Antibiotikakrise, die Resistenzbildung, besser verstehen. Das Experiment soll anschließend als Ausgangspunkt für eine Diskussion über die Ursachen der Resistenzbildung dienen.

Grundsätzlich verweist K. darauf, dass man durch praktische Erfahrung des Hands-on-Workshops besser verstehen würde, worum es denn beim Biohacking tatsächlich ginge, was durch einen rein theoretischen Diskurs letztendlich nicht vollständig zu erfassen sei. Der Erfolg des Workshops beruhe darauf, dass die Teilnehmer ohne biologisches Vorwissen in ihrem jeweiligen Alltag abgeholt würden. Durch elegante Umnutzung von vertrauten Haushaltsmitteln könne ein Zugang zur unsichtbaren und den meisten unbekanntesten Welt der Molekulargenetik geöffnet werden, die jederzeit und überall in und um uns herum existiert.

Einige Tage vor dem Beginn der Veranstaltung reicht K. die Details seines Programmpunkts beim Veranstalter der Konferenz ein. Die zuständige Dame der Konferenzorganisation des zuständigen Instituts der Universität leitet die E-Mail an die hausinterne Verwaltung weiter. Benötigt wird ein Seminarraum mit Waschbecken, das K. benutzen möchte, um das Gemüse für sein Experiment vorzubereiten und die Nährböden aus den Supermarktprodukten zusammenzurühren.

Die zuständige Dame der nächsten Verwaltungsinstanz wundert sich jedoch über die Bezeichnung »Workshop« – und dann auch noch »Biohacker«. Nachdem erste Zweifel an der Ordnungsmäßigkeit des Vorgehens aufkommen und daran, dass ein

ABB. 1 GEMÜSE MIT ANHAFTENDER ACKERERDE VOM WOCHENMARKT



Die Ackererde wurde im Experiment auf Bakterien mit Antibiotikaresistenzen untersucht.  
Foto: Rüdiger Trojok

## JOSEF K.'s VORTRAG ÜBER RESISTENZGENE UND DIE ANTIBIOTIKAKRISE

Antibiotika werden massenhaft in der Humanmedizin, der Tier- und Pflanzenproduktion eingesetzt. In der Landwirtschaft wird beispielsweise das Antibiotikum Streptomycin in Obstplantagen auf die Bäume gesprüht – denn auch Bäume können durch Bakterienbefall erkranken. Besonders im Herbst erkennt man die schwarzen, braunen oder roten Punkte auf den Blättern – Symptome eines Befalls durch Bakterien, die durch die Luft übertragen werden. Für Menschen völlig harmlos,

können sie zu erheblichen Ernteinbußen im Obst- und Weinbau führen, was die Bauern dazu bringt, Antibiotika einzusetzen, um rentabel arbeiten zu können.

Der globale übermäßige Einsatz von Antibiotika führt dazu, dass Bakterien zunehmend gegen die Wirkstoffe resistent werden. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis Bakterien mit zufällig

entstandene Genmutationen, die Resistenz gegen Antibiotika vermitteln, durch Antibiotikakontakt selektiert werden und sich vermehren. Ein besonderes Problem stellen dabei die Abwässer aus den Tierzuchtbetrieben und Krankenhäusern dar, in denen Antibiotika in hohen Konzentrationen vorkommen. In Kläranlagen können die kleinen und in der Regel sehr stabilen Antibiotikamoleküle nur unzureichend beseitigt werden, gelangen daher in die

Umwelt und befördern dort die bakterielle Resistenzbildung.

Hinzu kommt, dass Resistenzgene in der Regel auf sogenannten Plasmiden gespeichert sind, d. h. kleinen, separaten DNA-Elementen, die durch horizontalen Gentransfer von Spezies zu Spezies weitergereicht werden. Horizontaler Gentransfer ist die Übertragung von DNA-Sequenzen von einem zu einem anderen Organismus auch über Artgrenzen hinweg, der gerade unter Bakterien häufig vorkommt.

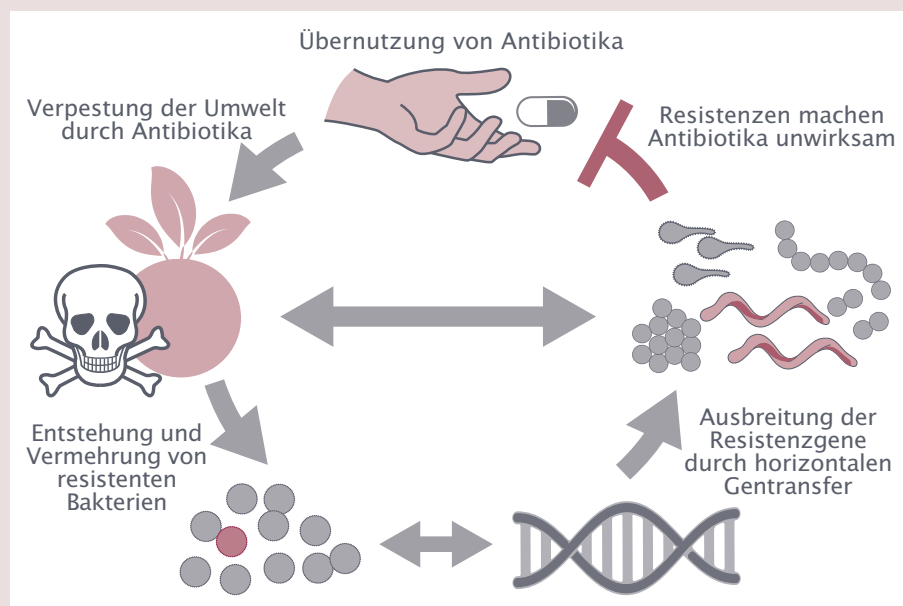
Deren Resistenzgene werden früher oder später auf benachbarte Bakterien übertragen. Kommen solche Bakterien dann noch mit Abwässern aus Krankenhäusern oder Gülle, die auf Feldern zum Düngen gesprüht wird, in Kontakt, treffen sie dort auf Bakterien mit Resistenzen gegen weitere Antibiotika, die human- oder tiermedizinisch wichtig sind. Diese Resistenzgene werden ebenfalls durch horizontalen Gentransfer ausgetauscht und weiter durch Luft- und Wasserwege verteilt. Die horizontale Verbreitung

der Resistenzen ist also ein natürlicher und unaufhaltsamer evolutionärer Prozess, den man durch einen reduzierten und besseren Umgang mit Antibiotika bestenfalls verlangsamen kann. Es bedarf also darüber hinaus gänzlich anderer Umgangsweisen mit Antibiotika, um das Resistenzproblem nachhaltig zu lösen.

K. berichtet von Citizen-Science-Initiativen, die sich in den letzten Jahren auf der ganzen Welt gegründet haben, mit dem Ziel, die Antibiotikakrise zu bewältigen. Manche Gruppen suchen mit selbstentworfenen Versuchsaufbauten nach neuen Wirkstoffen, andere wollen altes und brachliegendes Wissen, z. B. Jahrzehnte alte polnische und russische Publikationen über die Bakteriophagentherapie als Alternative zu Antibiotika, der Öffentlichkeit bekannt machen.

ABB. 2

TEUFELSKREIS FÜR ANTIBIOTIKA-RESISTENZENTWICKLUNG



Horizontaler Gentransfer ermöglicht eine schnellere Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen als zufällig auftretende Mutationen und stellt damit einen evolutionären Vorteil dar, der die Fitness von Organismen erhöhen kann.

Sprühen nun Landwirte Streptomycin auf ihre Plantagen, werden sich im Erdreich unter den Pflanzen streptomycinresistente Mutanten von Bodenbakterien selektiv vermehren (Abb. 2).

Hands-on-Workshop in einem Seminarraum stattfinden darf, entscheidet sie sich, die nächste Instanz in der Verwaltung der Universität und damit die zuständige Dame für Laborsicherheit zu befragen, einfach um auf Nummer sicher zu gehen. Nennen wir diese Person Frau Wolff-Reiss.

Frau Wolff-Reiss ist gerade im Urlaub. Nach mehreren Tagen erreicht die Dame der nächsten zuständigen Instanz der Universität Frau Wolff-Reiss telefonisch, um ihr den Sachverhalt zu schildern. Sie erhält als Antwort, dass das so nicht ginge und der Workshop nicht stattfinden könne, denn Experimente seien in Laboren durchzuführen und nicht in Seminarräumen.

K. wird benachrichtigt und beteuert daraufhin, dass der Workshop ausschließlich mit harmlosen Haushaltsmitteln durchgeführt und die Teilnehmer sowie der Raum nicht mit den Bakterien in Kontakt kommen würden, da die Nährböden, nachdem man die Erde aufgetragen hat, versiegelt werden. Am Ende des Experiments soll das ganze Material in einem Autoklav eines benachbarten Labors abgekocht werden. Ein Seminarraum wäre also durchaus geeignet, denn es ginge ja nur um die am Gemüse klebende Erde und die darin befindlichen Bakterien. Als Bestätigung der Harmlosigkeit des geplanten Versuchs holt sich K. eigens grünes Licht bei der zuständigen Landesbehörde für Biosicherheit. Dort sagt man ihm, dass der Versuch typisch für Mikrobiologieexperimente in der gymnasialen Mittelstufe sei und keine Bedenken bestünden, Vermeidung des Kontakts der Workshopteilnehmer mit den Bakterien und deren Vernichtung nach Versuchsende vorausgesetzt.

Frau Wolff-Reiss überzeugt das allerdings nicht und sie informiert per E-Mail, dass ein Experiment ein Experiment sei, gleichgültig, ob ein Kontakt mit Wochenmarktgemüse im häusli-

chen Umfeld als harmlos angesehen werde. Und Experimente unterlägen innerhalb der Universität der Biostoffverordnung, dem Infektionsschutzgesetz, dem Gentechnologiegesezt und vor allem dem Arbeitsschutzgesetz, woraus sich alles Weitere ergebe.

Erst nach Intervention des Konferenzveranstalters lässt sich die Universitätsverwaltung auf einen Kompromiss ein, der K. dazu verpflichtet, das Experiment in einem dafür vorgesehenen Raum durchzuführen. Man schickt ihn in den Experimentalhörsaal für Chemie, mit festgeschraubten Bankreihen und ohne ausreichende Arbeitsfläche für den Workshop. Sein auf Gruppenarbeit basierendes Workshopkonzept lässt sich dort nicht umsetzen.

Nach Beendigung des Experiments diskutieren die Workshopteilnehmer angeregt und ausführlich über die Sonderrolle des Biohackers K. und die Frage nach der Verantwortlichkeit von Wissenschaftlern außerhalb der Instituts Grenzen. Obwohl K.'s Experiment erfolgreich war (er kann resistente Organismen nachweisen), interessiert sich für Antibiotikaresistenzen und den horizontalen Gentransfer keiner mehr.

Einige Wochen später wird K. von einem Reporter interviewt und schildert dabei auch den Versuch. Nach Erscheinen des Interviews im Internet erhält K. abermals eine Mitteilung von Frau Wolff-Reiss. Sie wurde vom übergeordneten Biosicherheitsbeauftragten der Verwaltung benachrichtigt und ist alarmiert durch K.'s Aussagen. Sie lässt ihn wissen, dass eine öffentliche Äußerung zu derartigen Experimenten das Ansehen der Universität gefährden würde. Wenn man deren Namen mit Biohacking in Verbindung bringe, könne bei den übergeordneten Stellen der Verwaltung der Eindruck entstehen, dass man Biosicherheitsregeln nicht korrekt anwende. Und das könne wiederum die zuständige Stelle für

Biosicherheit dazu veranlassen, die Zuverlässigkeit der Verwaltung der Universität infrage zu stellen. Daher sei es besser, wenn K. in Zukunft keine Experimente mehr durchführe und sich auch nicht öffentlich in Verbindung zur Universität dazu äußere. Zudem möchte sie eine Löschung des Onlineartikels veranlassen.

K. beteuert, sich selbstverständlich auch als »Biohacker« stets an die Gesetze zu halten, wird aber von nun an keine Experimente mehr in der Universität durchführen. Stattdessen wird er privat weiter an seinem Forschungsfeld arbeiten und im Internet auf seinem eigenen Wiki publizieren – denn dort ist der gesetzliche Rahmen für seine Experimente weiter gefasst, er hat erheblich mehr Leser als bei einer üblichen wissenschaftlichen Publikation, und den diversen Instanzen der Verwaltung ist es so auch lieber. Zudem wurde er mittlerweile von Universitäten sowie Bürgerlaboren in Fernost zu Vorträgen über die Antibiotikakrise angefragt: Indien, Südkorea, Indonesien, Taiwan stehen auf der Reiseplanung ... und dort zahlt man ihm sogar Honorar.

## UND DIE MORAL VON DER GESCHICHT'?

Frau Wolff-Reiss macht nur ihren Job. Doch darin liegt ein Problem. Neues Wissen und neue Akteure in der Forschungslandschaft können von einem Verwaltungsapparat, für den teilweise unklare und reformbedürftige Regeln Maßstab des Handelns sind, nicht angemessen erfasst werden. Existierende Unsicherheiten versucht man durch irrational wirkende, überbürokratische Auslegung von Regeln in scheinbar mehr Sicherheit zu verwandeln, anstatt auf die Kompetenz und Eigenverantwortlichkeit des wissenschaftlichen Personals zu vertrauen. Taucht an der Universität etwas auf, das sich nicht unmittelbar in die Gesetzeslage oder

die eigene Sicht der Welt einordnen lässt, wie der Biohacker K. mit seinem Workshop über Antibiotikaresistenzen, dann ist die Gefahr groß, dass gut gemeinte, aber in die Jahre gekommenen Gesetze in Kombination mit einem überbordenden und von neuen Entwicklungen überforderten Verwaltungsapparat harmlose Erde, die am Gemüse vom Wochenmarkt klebt, in der Universität zu einem potenziell gefährlichen Biomaterial hochstilisieren.

Man könnte meinen, dies sei kein großes Problem. K. müsste ja nicht an der Universität experimentieren, und die Regeln gibt es aus gutem Grund. Aber wenn man etwas weiter denkt, erscheint

das gedankenlose bürokratische Verhalten des Wissens und der Wissenschaft als Ausdruck einer Art von Realitätsverweigerung der akademischen Forschung. Nicht die Frage nach der Bedeutung des Themas und der Originalität des Zugangs steht im Vordergrund, sondern die Passgenauigkeit zu den existierenden Vorschriften. Eine Öffnung von Wissenschaft und Forschung für weitere gesellschaftliche Akteure, wie sie in den letzten Jahren zunehmend gefordert wird, um neue Problemlösungsstrategien entwickeln zu können, wird mit einem solchen Denken und Handeln nicht nur nicht gefördert, sondern (im wörtlichen Sinne) »regelrecht behindert«. Mehr Offenheit für Unkon-

ventionelles, die Bereitschaft, über den eigenen Tellerrand zu schauen und Regeln nicht so eng wie möglich anzuwenden, sondern Spielräume zu erkennen und auszunutzen – das sollten in Zeiten größter gesellschaftlicher Veränderungen und Herausforderungen nicht nur fromme Wünsche bleiben, sondern konkrete Anforderungen an zeitgemäße Wissenschafts-, Forschungs- und Verwaltungsstrukturen. Nicht nur die Ideen von Josef K., sondern diejenigen vieler anderer Grenzgänger und Vordenker könnten dann möglicherweise fruchtbar gemacht werden.

*Rüdiger Trojok*

# BÜRGERWISSENSCHAFTLER UND BIOHACKER: DEMOKRATISIERUNG DER WISSENSCHAFT? – EIN KOMMENTAR

Dass Laien selber Wissenschaft betreiben bzw. als Mitforschende in professionelle Forschungsprojekte einbezogen werden, ist eine Entwicklung, die in den letzten Jahren auch im Kontext der Frage nach demokratischer Governance der Wissenschaft an Bedeutung gewinnt. Gerade im Feld der Biotechnologie hat sich eine kleine, aber wachsende Bewegung der Do-it-yourself-Forschung entwickelt, die den Anspruch erhebt, Wissenschaft aus dem Korsett des etablierten Wissenschaftsbetriebs zu befreien. Der Beitrag hinterfragt auf der Basis einer langjährigen Befassung des Autors mit dem wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Diskurs über Bio- und Gentechnologien einige Ungereimtheiten in Selbstverständnis und Außendarstellung solcher »Bürgerwissenschaft«.

Wissenschaft, das war ursprünglich eine Sache enthusiastischer, von Wissensdurst und Lust an der Bastelei getriebener Privatleute, bevor gegen Ende des 19. Jahrhunderts der moderne, in großen, teils öffentlich, teils von Wirtschaftsunternehmen finanzierten Anstalten organisierte Wissenschaftsbetrieb diese Funktion übernahm. Mit festgelegten Curricula, beglaubigten Zertifikaten und Titeln etc. verdrängte er weitgehend die Selbstinitiative der Bürger und monopolisierte das professionelle »Wissen Schaffen« in Universitäten und Industrielaboren. In dieser Art wird heute in der Diskussion um Citizen Science oder Bürgerwissenschaft gerne an die bürgerlichen Wurzeln moderner Wissenschaft erinnert. Bürgerwissenschaft im Sinne von Amateurwissenschaft hat aber, organisiert in Vereinen im Bereich der Naturforschung (etwa Ornithologie) oder auch in der lokalhistorischen Forschung, auch neben und teilweise in Kooperation mit der akademischen Wissenschaft in gewissem Umfang stattgefunden (Finke 2014).

Zum Teil befördert durch die Möglichkeiten wissenschaftlicher Kooperation durch das Internet, aber auch als Reaktion auf veränderte Erwartungen der Öffentlichkeit hinsichtlich Transparenz und Legitimation von Forschung ist in jüngerer Zeit ein bisher nicht gekanntes Interesse der etablierten Wissenschaft an einem Revival der Laienwissenschaft als Citizen Science zu beobachten. Große Forschungsprojekte

mit breiter Laienbeteiligung (meist über das Internet) werden von Universitäten organisiert ([www.galaxyzoo.org](http://www.galaxyzoo.org)) und auch staatlich gefördert ([www.buergerschaffenwissen.de](http://www.buergerschaffenwissen.de)). Die moderne Bürgerwissenschaft versteht sich als Angebot einer gesellschaftlichen Öffnung des Wissenschaftssystems durch praktische Zusammenarbeit zwischen Fachwissenschaftlern und Bürgern. Dies umfasst etwa die Kooperation von akademischen und Amateurwissenschaftlern (z. B. in der Biodiversitätsforschung) oder die Einbeziehung von interessierten Laien in die Erhebung und Auswertung wissenschaftlicher Daten (wie etwa in der Klimaforschung oder der Astronomie).

Motiviert sind solche Projekte dabei oft durch handgreifliche Vorteile für die Forschung. Gerade Forschung, die auf die Sammlung großer Datenmengen über große Räume hinweg angewiesen ist, profitiert von der Bereitschaft von Laien, z. B. Daten über das Vorkommen von Arten im heimischen Umfeld beizutragen (wofür z. B. Smartphones besonders geeignet sind). Unverkennbar ist aber auch, dass der aktuelle Diskurs zu Citizen Science an die Bemühungen der als Reaktion auf öffentliche Wissenschaftskritik entstandenen »Public-Understanding-of-Science-Bewegung« anschließt. Diese wollte Wissenschaft den Laien durch bessere Aufklärung und Dialog nahebringen, um das gesellschaftliche Verständnis für und die Akzeptanz von Wissenschaft zu befördern. Praktische

Kooperation erscheint dabei heute offenbar als der gegenüber dem Dialog bessere Weg – Bürger, die selber forschen, können »besser« mitreden. Und schließlich gilt einigen diese neue Form der Integration von Wissenschaft und Gesellschaft auch als Beitrag zur »Demokratisierung der Wissenschaft«. Bürgerdialoge und öffentlicher Diskurs über Forschungsagenden und mögliche Nebenfolgen, demokratische Governance von Wissenschaft unter Einbeziehung auch zivilgesellschaftlicher Perspektiven und Interessen, ein »neuer Gesellschaftsvertrag für die Wissenschaft« (WBGU 2011), das waren Stichworte, die man bisher mit »Demokratisierung der Wissenschaft« in Verbindung brachte. Nun soll es also um Mitsprache und Selbstermächtigung gehen.

Als Speerspitze der gesellschaftlichen »Wiederaneignung« von Wissenschaft – »Speerspitze« sowohl im Sinne avancierter Forschung als auch im Sinne von »Demokratisierung« wissenschaftlicher Praxis – versteht sich die im Kontext der Diskussion um die Potenziale der Synthetischen Biologie bekannt gewordene Bewegung der Do-it-yourself-Biologie. Mit z. T. selbstgebasteltem Instrumentarium, in improvisierten Küchenlaboren oder in jedermann zugänglichen öffentlichen Biotech-Werkstätten schicken sich meist junge (und in vielen Fällen doch einschlägig an Universitäten ausgebildete) enthusiastische »Amateurbiologen« an – so das Selbstverständnis der Bewegung –, die Bio- und Gentechnik zu vergesellschaften. Hier geht es also nicht wie bei vielen Citizen-Science-Projekten um die Einbeziehung von Laien in durch Wissenschaftler organisierte Forschung, sondern um die selbstständige Aneignung und Durchführung von Forschung durch nichtprofessionelle Forscher gerade neben dem – oder auch gezielt gegen den bzw. als bewusste Ergänzung zum – etablierten Wissenschaftsbetrieb. Der Impetus ist dabei vergleichbar etwa dem der frü-

hen Computerhackerbewegung (wie z. B. des Chaos Computer Clubs), die sich als gesellschaftliche Bewegung zur Kontrolle sowohl staatlicher als auch industrieller Digitalisierung der Gesellschaft verstand und versteht. Der eine oder andere »Biohacker« mag wohl auch den heimlichen Traum hegen, vom Küchenlabor ins große Business aufzusteigen – Bill Gates soll gesagt haben, dass er, wenn er heute jung wäre, in seiner Garage nicht Computer-Software, sondern Biotechnologie entwickeln würde.

Der Kreis der Beteiligten ist zumindest in Europa überschaubar, ebenso wie nach Meinung von Experten die (bisherigen) wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten der Bürgerbiologen (Sauter 2013). Dennoch ist die DIY-Biologie zum Gegenstand der Aufmerksamkeit von Politik und auch von Sicherheitsbehörden geworden. In den USA geriet die DIY-Bioszene schnell in den Fokus des FBI, das in der Folge von 9/11 und angestoßen durch die weitreichenden Versprechungen der Synthetischen Biologie ein Potenzial zum Bioterrorismus vermutete. Interessanterweise hat das FBI dann offenbar (auch finanziell) nicht unerheblich zur Stabilisierung und Entwicklung der Bewegung beigetragen. Eine kürzlich veröffentlichte Studie zeigt, wie FBI und die DIY-Biobewegung sozusagen eine Koalition zur Frühwarnung vor bioterroristischen Aktivitäten eingingen, in der sich die Biohacker als »watchdog« anbieten und sozusagen im Gegenzug vom FBI die gesellschaftliche Anerkennung als »hilfreich und gut« erhalten. Gemeinsamer ideologischer Nenner ist dabei die Vision eines durch »distributed biotechnology« initiierten neuen Schubs technologischer Innovation und ökonomischen Wachstums (Tocchetti/Aguiton 2015). So sieht auch das US-amerikanische Woodrow Wilson International Center for Scholars (WWICS) die Biohacker als eine Art Avantgarde der Citizen Science. In einer 2013 ver-

öffentlichten Stellungnahme heißt es: »... the movement provides a new channel for public science engagement and education and a broad opportunity for economic and scientific innovation« (Grushkin et al. 2013, S. 24).

Der Fokus auf den Bioterrorismus hat (nach Tocchetti/Aguiton 2015) in den USA aber auch zu einer Dethematisierung möglicher Umwelt- und Gesundheitsrisiken oder auch ethisch-sozialer Fragen geführt, die mit der »Laifizierung« bio- und gentechnologischen Experimentierens verbunden sein könnten und die, bezogen auf die professionelle Forschung, über die letzten Jahrzehnte die öffentliche Debatte um die Gentechnik und dann deren »Erweiterung«, die Synthetische Biologie, geprägt und zu einschlägigen Gesetzen und Sicherheitsvorschriften geführt haben. Diese Regularien – in Deutschland und der EU insgesamt (anders als in den USA) dürfen gentechnische Arbeiten nur nach vorheriger Anmeldung und in zertifizierten Sicherheitslaboren durchgeführt werden – könnten, so der naheliegende Verdacht, nun durch die am heimischen Herd tätigen Hobbybiotechnologen umgangen werden.

Die »Bürgerwissenschaft« wäre damit sozusagen im 21. Jahrhundert der Risikotechnologien angekommen. Bürgerwissenschaft war zwar – wie jedes experimentelle Handeln – vermutlich immer schon mit gewissen Risiken verbunden. Man kann davon ausgehen, dass Thomas Newcomen, Schmied und Eisenwarenhändler, der Anfang des 18. Jahrhunderts als einer der ersten eine kommerziell nutzbare Dampfmaschine entwickelte, die ersten Prototypen seiner Maschine regelmäßig um die Ohren geflogen sind, bevor er es dann zu einem halbwegs sicheren Modell brachte. Die Folgen waren für Newcomen sicher kostspielig und seiner Gesundheit zumindest nicht zuträglich, aber sie betrafen nur ihn selbst. Anders könnte das bei seinen

modernen Nachfolgern aussehen, die zunehmend auf die Nutzung sehr potenter Gentechnologien zusteuern und deshalb wohl auch eher als DIY-Biotechnologen denn als -Biologen zu bezeichnen wären, sich aber dennoch gerne unbekümmert als »Bastler« geben. »Tinkering«, englisch für Basteln oder auch Flickschusterei, und »bricolage«, französisch für Bastelei/Heimwerken, sind zur Selbstcharakterisierung von Biohackern gern benutzte Begriffe.

Auf entsprechende mögliche Probleme angesprochen, gibt man sich in großen Teilen der Szene eher unbetroffen, weil das, was man im heimischen Labor derzeit tut und wohl auch tun kann, weit davon entfernt sei, als Herstellung neuer synthetischer Organismen zu gelten. Es gehe vorrangig um das Extrahieren und Vermehren von DNA, um genetische Analytik (s. das Beispiel Antibiotikaresistenz im Schwerpunktbeitrag von R. Trojok, S. 20) oder um das Nachvollziehen von (nicht sicherheitsrelevanten) biotechnologischen Experimenten. Zum Einsatz kämen dabei z. B. für den Schulgebrauch zugelassene Experimentierkästen. Soweit so gut. Niemand wird etwas gegen Hand-on-Experimente im Sinne avancierter Volkshochschulkurse in Biotechnologie haben.

Das scheint aber bei Weitem nicht alles zu sein, denn zumindest ein Teil der Biohacker will ganz gezielt über solches Schulniveau hinausgehen und zumindest perspektivisch Organismen mit veränderten genetischen Eigenschaften herstellen. In Bezug auf die Nutzung fortgeschrittener Techniken zur Herstellung transgener Organismen wie CRISPR/Cas in DIY-Laboren meint ein Vertreter der US-amerikanischen Biohackerszene (Ledford 2015, S. 398): »Now we have this ability to do what the major labs have been doing all this time. It's very exciting.« Und auch Rüdiger Trojok betont die Ambitionen der DIY-Bioszene, wenn er formuliert: »Es



geht den Biohackern weniger um akademische Grundlagenforschung, sondern um die Anwendung der bestehenden biotechnologischen Methoden. Sie bringen z. B. Pflanzen zum Leuchten und machen daraus Kunstinstallationen, oder sie versuchen, Bakterien so zu verändern, dass sie bestimmte Schadstoffe selbstständig abbauen können« (Trojok 2015).

Dabei stehen viele Vertreter der Biohackerszene auf dem Standpunkt, dass solche und ähnliche Vorhaben mit keinen besonderen Risiken verbunden seien bzw. es wird der Zugang zu öffentlichen Sicherheitslaboren gefordert. In Irland, den Niederlanden und Österreich gibt es bereits je ein von Biohackern betriebenes Genlabor der Sicherheitsstufe 1. Die Motive, die die Bürgerbiotechnologen antreiben, sind dabei durchaus unterschiedlicher Natur und reichen von der Lösung globaler Umweltprobleme durch gentechnisch veränderte Organismen (GVO), dem »Empowerment« der Zivilgesellschaft gegenüber Industrieinteressen bis hin zu durchaus kommerziellen Ambitionen. Eine der führenden DIY-Initiativen in den USA scheint z. B. gewillt, »big players« wie Myriad Genetics Konkurrenz auf dem Markt der Gendiagnostik durch Billigangebote zu machen (so eine Vertreterin der DIY-Biologie Initiative Genspace, die in New York ebenfalls ein Labor der Sicherheitsstufe 1 betreibt; nach Potthof 2013).

In Äußerungen der Szene zu ihren Zielen und Ambitionen scheint insgesamt eine technikaffine Unbekümmertheit auf, die stutzen lässt. Auf der Website von Technik-Garagen e. V. heißt es: »DIY steht für das angelsächsische *Do-It-Yourself* [sic]. Überall auf der Welt arbeiten Menschen an biologischen Projekten. Manchmal sind diese Projekte »rein« biologisch, meist sind sie eine Kombination aus Technik und Biologie. ALLES [sic] geht. Auf die zu beachtenden Richtlinien, Verordnungen

und Gesetze wird an anderer Stelle dieser Webseite hingewiesen werden.« ([http://technik-garage.de/?page\\_id=120](http://technik-garage.de/?page_id=120) [30.11.2015]).

Everything goes? Zu Risiken und Nebenwirkungen lesen sie die Packungsbeilage? Omri Amirav-Drory, der eine unter Biohackern weitverbreitete Software zum computergestützten Design von Organismen entwickelt hat und sicher ist, dass seine Heimatstadt Tel Aviv in Zukunft von grünlich schimmernden Straßenbäumen beleuchtet werden wird, gibt – angesprochen auf die Möglichkeit, dass bei solchen Basteleien, sollten sie Realität werden, auch unerwünschte Eigenschaften entstehen könnten – zu Protokoll: »Die Evolution hat uns hervorgebracht, sodass wir nun Neues kreieren können«. Nicht die Natur, wohl aber Menschen könnten die Erbgutsequenzen von Glühwürmchen mit der von anderen Organismen zusammenführen. »Ein leuchtender Baum ist nicht gefährlich, sondern einfach schön und schreit geradezu danach, geschaffen zu werden« (nach Karberg 2013).

Evolution selbstgemacht? Ob man leuchtende Pflanzen und andere dekorativ umgestaltete Lebewesen nun als Kunst oder doch eher als pennälerhaften Unsinn (mit gewissem ökologischem Restrisiko) ansieht, wir bewegen uns hier und bei anderen weitreichenden synthetisch biologischen Visionen der Biohacker im Feld der Gentechnik. Wir verlassen definitiv das heimische Küchenlabor. Biosynthetisch inspirierte Visionen von neuen Organismen erscheinen auch deshalb problematisch, weil man in der Szene staatliche Kontrollen durchaus eher als undemokratischen Übergriff in die eigene Basteltätigkeit wahrnimmt. Hier kommt, offenbar befeuert durch den Enthusiasmus des »demokratischen Wissen Schaffens«, ein Anspruch an »Freiheit der Wissenschaft« zum Tragen, der sich immer wieder weitgehend unberührt

von jahrzehntelangen Debatten um Verantwortung der Wissenschaft und legitimer staatlicher Kontrolle zeigt. Ähnlich wie Teile der Mainstreamwissenschaft verstehen sich nicht wenige Biohacker als Macher, die sich von denen, die ihrer Meinung nach von der Sache nichts verstehen (z. B. die anderen Bürger?!), nur ungern reinreden lassen möchten.

Gerade aus US-amerikanischer Perspektive erscheint eine Betonung der möglichen Risiken aus Vorsichts- und Vorsorgegründen anscheinend vor allem als Forschungshemmnis, wenn die prominente Biohackerin Meredith Patterson formuliert: »... the precautionary principle, which is nothing more than a paternalistic attempt to silence researchers by inspiring fear of the unknown.« (nach Potthof 2013). So forscht man das schon lange nicht mehr aus der professionellen Wissenschaft gehört – zumindest nicht in Europa. Sollte, nicht nur was die technische Laborausstattung, sondern auch was den »State of the Art« des gesellschaftlichen Risikodiskurses angeht, ein gewisser Nachholbedarf der Bürgerbiotechnologen gegenüber ihren professionellen Kollegen bestehen? Die hackerspezifische Forderung nach Freiheit der Forschung im Sinne eines Zugangs für alle zu biotechnologischem Know-how ist angesichts der Komplexität der Technologie schon an sich nicht unproblematisch, sie ist es aber erst recht nicht, wenn sie sich mit einem Verständnis von Wissenschaftsfreiheit im Sinne von Freiheit von staatlicher Kontrolle und Regulierung paart.

Es geht nicht darum, ambitionierte Amateure in ihrem Wissensdurst zu bremsen oder unter terroristischen Generalverdacht zu stellen. Man kann allerdings den Eindruck gewinnen, dass in Gestalt der DIY-Biotechnologie Haltungen und Ambitionen fröhliche Urstände feiern, die man aus der etablierten Wissenschaft eher vom Beginn der

öffentlichen Debatte um die Gentechnik am Ende der 1980er Jahre kennt. Wissenschaftlicher Forschergeist paart sich zum Teil mit technofuturistischer Spintisiererei und einer Abwehrhaltung gegen Einmischungsversuche von Laien, die »von der Sache nichts verstehen«. Nach drei Jahrzehnten öffentlichem Diskurs hat sich aber (zumindest in Europa) erfreulicherweise nicht nur ein Regelwerk zum Umgang mit den Risiken der Bio- und Gentechnik etabliert. Sondern es steht auch außer Frage, dass man nicht selber klonieren können muss, um bei der Frage nach Sinn und Zweck des klonierens von Lebewesen zu wissenschaftlichen oder gar kommerziellen Zwecken mitreden zu können.

Und an dieser Stelle fängt die »Demokratisierung der Wissenschaft« eigentlich an: da, wo sie sich dem öffentlichen, politischen Diskurs stellt, und zwar auch und gerade den Bürgern als interessierte und besorgte Laien, die durchaus keine Ambitionen haben, »mitzuforschen«. Das zunehmende Interesse (einer begrenzten Anzahl) von Laien an der Mitwirkung in der Forschung und entsprechende Programme zur Förderung von Citizen

Science sind dennoch ebenso zu begrüßen wie die Eigeninitiative von Amateurwissenschaftlern. Die »Demokratisierung der Wissenschaft« findet aber auf einer anderen Ebene statt. Es sind die öffentlichen Debatten sowie die durch diese informierten und legitimierten politischen Interventionen, die den Amateuren, Hackern und Bürgerwissenschaftlern einen Rahmen setzen, dem sie sich ebenso wenig entziehen können wie der etablierte Wissenschaftsbetrieb.

*Leonhard Hennen*

## LITERATUR

- Finke, P. (2014): Citizen Science – Das unterschätzte Wissen der Laien. München
- Grushkin, D., Kuiken, T., Millet, P. (2013): Seven Myths & Realities about Do-it-Yourself Biology. WWICS, Washington, D.C.
- Karberg, S. (2013): Gene – die Bastelmasse der Biohacker. <http://zeit.de/wissen/2013-05/gentechnik-biohacking> (19.11.2015)
- Ledford, H. (2015): Biohackers gear up for genome editing. In: *Nature* 524(7566), S. 398–399
- Potthof, C. (2013): Demokratische Biotechnologie? In: *Gen-ethischer Informationsdienst* 29(221), S. 11–12
- Sauter, A. (2013): Frickler, Gründer, Bürgerforscher? In: *Gen-ethischer Informationsdienst* 29(221), S. 18–21
- Tocchetti, S., Aguiton, A.A. (2015): Is an FBI Agent a DIY Biologist like any other? A cultural Analysis of Biosecurity Risk. In: *Science, Technology & Human Values* 40(5), S. 825–853
- Trojok, R. (2015): Interview »Es gibt unendliche viele Möglichkeiten«. Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren. [www.helmholtz.de/artikel/es-gibt-unendlich-viele-moeglichkeiten-3952/](http://www.helmholtz.de/artikel/es-gibt-unendlich-viele-moeglichkeiten-3952/) (28.10.2015)
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2011): *Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin

# SYNTHETISCHE BIOLOGIE UND GENOME EDITING: HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE FORSCHUNGSPOLITIK

Mit dem Deutschen Bundestag als Auftraggeber und dem Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (ABFTA) als Hauptadressaten bildet die Frage der (forschungs)politischen Relevanz und möglicher Handlungsoptionen den zentralen Zielpunkt einer Auseinandersetzung mit neuen Forschungs- und Entwicklungsfeldern. Das Definitions- und Abgrenzungsproblem der Synthetischen Biologie stellt hierfür eine besondere Herausforderung dar, denn es werden durch die Heterogenität der Forschungs-, Technologie- und Anwendungsbereiche viele unterschiedliche wissenschafts-, forschungs- und innovationspolitische Kontexte berührt. Der folgende Beitrag behandelt zwei nach Einschätzung des TAB besonders wichtige Handlungsfelder: die prospektive Biosicherheitsforschung sowie die Frage einer Erweiterung der Akteurskreise bei der Planung und Durchführung von Forschungsprogrammen und -vorhaben.

Die praktische Nutzung der Synbio i. e. S., also vom Menschen von Grund auf »designter« künstlicher biologischer Systeme, liegt noch in weiter Ferne und dürfte daher in den kommenden Jahren wenig gesellschaftliche und politische Relevanz entfalten. Ganz anders ist dies bei der Synbio i. w. S. – verstanden als nächste Stufe der Bio- bzw. Gentechnologie. Durch die wachsenden, zunehmend einfachen und schnelleren Möglichkeiten der gezielten molekularbiologischen Veränderung bekannter Organismen ist in den nächsten Jahren mit einer großen Zahl von Anwendungen zu rechnen. Die in jüngster Zeit entwickelten Methoden des sogenannten Genome Editing (u. a. CRISPR/Cas) wurden bisher noch kaum unter dem Label Synbio behandelt, weil ihr Innovationspotenzial sich nicht so sehr aus einer grundlegend neuen Herangehensweise für den umfassenden Umbau von Organismen ableitet, sondern aus der Einfachheit und Geschwindigkeit, mit der präzise und zielgerichtete Veränderungen an Genomen möglich sind – auch beim Menschen (s. den Beitrag von H. König und D. Frank, S. 5 ff.). Es zeichnet sich im Lauf des Jahres 2015 immer mehr ab, dass eine neue Runde der Gentechnikdebatte über deren verantwortungsvolle Weiterentwicklung und notwendige Regulierung auf internationaler und nationaler Ebene bevorsteht bzw. bereits begonnen hat, bei der die Synbio zumindest i. w. S. »definitionsgemäß« nicht außen vor bleiben kann.

Dabei richtet sich die größte öffentliche Besorgnis verständlicherweise auf mögliche Anwendungen beim Menschen. Aber es ist auch absehbar, dass die Auswirkungen der Genome-Editing-Verfahren bei Pflanzen auf das Risikoregulierungsregime Anlass für eine sehr grundsätzliche Wiederaufnahme der Debatte über die Definition, Sicherheit und die Risikoabschätzung von gentechnisch veränderten Pflanzen sein werden. Neben vielfältigen Eingriffen bei Pflanzen dürften auch die Anwendungen bei Tieren massiv ausgedehnt werden. Hier hatten in der Vergangenheit technisch anspruchsvolle und lange Zeitspannen erfordernde Verfahren eine Hürde dargestellt, die nun durch die größere Einfachheit und Geschwindigkeit, mit der zielgerichtet und präzise Genomveränderungen vorgenommen werden könnten, überwunden werden können.

## KOMPLEXE FRAGESTELLUNGEN FÜR POLITIK, WISSENSCHAFT UND GESELLSCHAFT

Handlungsfelder für die Forschungs- und Innovationspolitik mit Bezug auf neue wissenschaftliche Entwicklungen und daraus resultierende Technologien umfassen die strategische Förderung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, die Gestaltung regulativer und institutioneller Rahmenbedingungen sowie die Schaffung adäqua-

ter Markt(zugangs)bedingungen und gleichzeitig die vorsorgende Abwehr möglicher Gefahren bzw. unerwünschter gesundheitlicher, ökologischer oder sozialer Folgen. Die damit verbundene Aufgabe der Politik, den gesellschaftlichen Interessenausgleich zur Förderung des kurz- und langfristigen Gemeinwohls (wahlweise auch als nachhaltige Entwicklung zu bezeichnen) durch Moderieren, Fördern, Entscheiden und Regulieren zu organisieren, ist alles andere als leicht zu lösen. Gerade bei (potenziell besonders) umstrittenen Technologien, wie sie die Synbio als nächste Stufe der Bio- bzw. Gentechnologie zweifelsohne repräsentiert, sieht sich die Politik dabei mit einer zunehmend komplexen Akteurs-, Interessen- und Erwartungslage konfrontiert. Wichtige Fragen, die sich stellen, lauten z. B.:

Was müsste *die Gesellschaft* insgesamt wissen, um kompetent und sozialverträglich über die Nutzung synthetisch biologischer Organismen entscheiden zu können? Wie viel Nichtwissen über die künftigen Folgen einer Anwendung muss bzw. kann vor der Nutzung in (belastbares) Wissen umgewandelt werden? Wie viel Unsicherheit ist unsere vielfältige, heterogene Gesellschaft bereit zu akzeptieren?

Und was kann *die Wissenschaft* hierzu beitragen? Welche Art von Wissen kann sie – ob mono-, multi-, inter- oder transdisziplinär – hervorbringen und der Gesellschaft zur Verfügung stellen? Wie weit muss sie sich für eine gesellschaftliche Teilhabe öffnen, die nach wie vor auch als Einmischung verstanden werden kann? Welchen Stellenwert hat wissenschaftliche Expertise in einer partizipationsorientierten Gesellschaft, in der einerseits der Geltungsanspruch akademischen wissenschaftlichen Denkens zunehmend infrage gestellt wird und andererseits eine »ökonomistische« Ausrichtung von Wissenschaft und Wissenschaftspolitik unübersehbar ist, welche die Nützlichkeit, die Nachfragerorien-

tierung und Messbarkeit (Evaluierung!) in den Vordergrund rückt? Und was heißt bzw. wie weit geht die allseits geforderte Verantwortungsübernahme in Wissenschaft und Forschung?

Angesichts dieser Fragen und Herausforderungen identifiziert der folgende Beitrag – unter Rückgriff auf Ergebnisse und Einschätzungen des TAB-Berichts (TAB 2015) – mögliche Handlungsfelder für den Bundestag und speziell den ABFTA. Dabei werden zwei Kernfragen in den Fokus genommen: Wie könnte eine prospektive Biosicherheitsforschung zur Synbio organisiert werden, als Basis zukünftiger Risikoabschätzung und -regulierung? Und welche Rolle kann und soll die Beteiligung gesellschaftlicher Akteure sowie einzelner, nichtorganisierter Bürger bei der Förderung und Durchführung von Forschung und Entwicklung spielen?

## WARUM PROSPEKTIVE BIOSICHERHEITSFORSCHUNG NOTWENDIG ERSCHEINT

Die angezielten positiven Effekte der öffentlichen Forschungs- und Innovationsförderung (als Teil der sozioökonomischen Zukunftsvorsorge) können nur auf Grundlage von verlässlichen Rahmenbedingungen realisiert werden. Hierzu gehören rechtliche Regelungen zur Abwehr bzw. Minimierung von Gefahren für die Umwelt insgesamt und die menschliche Gesundheit im Besonderen. Im Fall der Synbio einschlägig sind gesetzlich verankerte Zulassungsverfahren unter anderem für Arzneimittel, neuartige Therapien, Medizinprodukte, Chemikalien und – besonders wichtig – für gentechnisch veränderte Organismen (GVO).

Die frühzeitige und intensive Befassung mit möglichen Risiken sowie der Frage, ob bzw. wie diese gegen potenzielle gesellschaftliche Nutzen abgewogen werden können, ist daher kein Zeichen für

eine übertrieben kritische oder gar forschungspessimistische Haltung – sie scheint vielmehr gerade dann geboten, wenn mit einem Technologiebereich große Erwartungen an ein zukünftiges Problemlösungspotenzial verbunden werden, wie es bei der Synbio im engeren und im weiteren Sinn bei vielen Akteuren der Fall ist.

## BIOSICHERHEITSFORSCHUNG ALS ÖFFENTLICHE AUFGABE

Dass Forschungsgruppen oder auch ganze Einrichtungen, die an zukünftigen Anwendungen arbeiten, nicht von sich aus und parallel zur Produktentwicklung alle möglichen unerwünschten gesundheitlichen, ökologischen oder sozialen Folgen untersuchen können, ist offensichtlich und kein sinnvoller Kritikpunkt. Eine umfassende vorausschauende Risikoforschung kann – zumindest bei neuen Technologien mit grundlegenden neuen Eigenschaften und/oder Anwendungspotenzialen, wie beispielsweise im Fall der Nanotechnologie – von einzelnen Akteuren weder hinsichtlich der Kompetenzen und der Kapazitäten noch hinsichtlich der möglichen gesellschaftlichen Glaubwürdigkeit und Akzeptanz geleistet werden. Vielmehr ist hier die Politik gefragt, eine umfassende und unabhängige Untersuchung möglicher Risiken zu organisieren und – ggf. unter angemessener finanzieller Beteiligung privater Akteure oder Interessengruppen wie Industrieverbänden – öffentlich zu finanzieren (solange es nicht um vorgeschriebene Untersuchungen im Rahmen von Produktzulassungen geht, die vom Antragsteller bezahlt werden müssen).

Das frühe Stadium der meisten Synbio-Entwicklungen limitiert zwar die Möglichkeiten der praktischen Risikoforschung, aber gerade mit Blick auf eine mögliche zukünftige Produktentwicklung erscheint es notwendig, so früh wie möglich zu analysieren, welche der üblichen Schutzgüter (Umwelt,

Gesundheit, sozioökonomische Chancengleichheit) durch welche Verfahren und Projekte negativ beeinflusst werden könnten. Nachdem die Bundesprogramme zur biologischen Sicherheitsforschung der (Grünen) Gentechnik vor wenigen Jahren eingestellt worden sind, öffnet sich hier ein sehr konkretes Aufgabenfeld für forschungspolitisches Handeln.

## HERAUSFORDERUNGEN DER BISHERIGEN RISIKOABSCHÄTZUNGSVERFAHREN

Wie im TAB-Arbeitsbericht Nr. 164 ausführlich beschrieben, stellt sich für die Synbio, die sehr weitgehend auf der Gentechnologie aufbaut, die Frage, ob die entsprechenden Methoden der Risikoabschätzung und die Verfahren der Risikoregulierung (noch) greifen bzw. ob und wie sie erneuert bzw. erweitert werden können oder müssen. Nach wie vor sind sich die meisten internationalen Experten einig, dass die bestehenden Verfahren der Risikoabschätzung in den nächsten Jahren für den Umgang mit den Produkten der Synbio (i. w. S.) ausreichen, weil die absehbaren Produkte noch sehr ähnlich den bisherigen der Gentechnologie sind (bzw. direkt als solche kategorisiert werden können).

Aber gleichzeitig wird schon seit einigen Jahren darauf hingewiesen, dass das bisherige Verfahren, das eine Einzelfallprüfung vorsieht und zentral auf einem Vergleich mit weitgehend ähnlichen (»substanziell äquivalenten«), seit Langem genutzten (»vertrauten«) Organismen basiert (Kasten), durch mehrere wissenschaftlich-technologische Entwicklungen der Synbio infrage gestellt wird.

Unabhängig von der Debatte über Synbio haben sich europäische und deutsche Fachbehörden, konkret die European Food Safety Authority (EFSA) und das Bundesamt für Naturschutz (BfN), schon seit Längerem mit der

Frage befasst, wie gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) mit substanziell geänderten Eigenschaften sicherheitsbewertet werden können und hierzu Forschungsaufträge vergeben (Greiter et al. 2015; Halford et al. 2014). Solche substanziellen Änderungen können bei

Pflanzen z. B. aus einer Erhöhung der Trockenheits- und Salztoleranz resultieren, weil sich dadurch das ökologische Ausbreitungsverhalten fundamental verändern kann. Die zentrale Frage lautet, in welchem Umfang und mit welchen Methoden substanziell veränder-

te oder weitgehend »neu konstruierte«, vermehrungs- und ausbreitungsfähige Organismen charakterisiert werden können und müssen (»Risikobewertung ohne Komparator«), um eine gesellschaftlich akzeptable Entscheidungsfindung über die Nutzung dieser Organismen herbeiführen zu können.

### DIE KONZEPTE DER SUBSTANZIELLEN ÄQUIVALENZ UND DER VERTRAUTHEIT

Die Konzepte der substanziellen Äquivalenz und der Vertrautheit (»familiarity«) bilden die Basis der vergleichenden Risikoabschätzung transgener Pflanzen und Tiere. Das Prinzip besteht darin nachzuweisen, dass sich der gentechnisch veränderte Organismus nur in bestimmten, eingrenz- und untersuchbaren Eigenschaften von dem Ausgangsorganismus unterscheidet – ansonsten aber vergleichbar erscheint. Die Feststellung der substanziellen Äquivalenz alleine genügt aber nicht, sondern hinzukommen muss eine zweite Einschätzung: dass der Ausgangsorganismus ausreichend bekannt ist und als sicher gelten kann. Diese Vertrautheit ist bei (traditionellen) landwirtschaftlichen Nutzpflanzen naturgemäß gegeben, allerdings können die bekannten Eigenschaften auch auf ein mögliches Risiko hinweisen. Beispielsweise besitzt Raps (anders als Mais) in Teilen Europas wilde verwandte Kreuzungspartner, außerdem hat er eine ausgeprägte Neigung, sich auch außerhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen zu verbreiten. Wenn die Risikobewertung zu dem Schluss kommt, dass eine unkontrollierte Verbreitung der gentechnisch veränderten Merkmale vermieden werden soll, dann wird ein Anbau entsprechender Rapsorten gerade wegen der substanziellen Äquivalenz und aufgrund der Vertrautheit untersagt werden.

Bei Mikroorganismen sind sowohl substanzielle Äquivalenz als auch Vertrautheit im Hinblick auf eine offene Anwendung (in der Landwirtschaft oder bei der Bodensanierung) nicht in vergleichbarem Maß wie bei Nutzpflanzen gegeben. Nur in Ausnahmefällen werden Reinkulturen z. B. von Bakterien (wie *Bacillus thuringiensis* als Pflanzenschutzmittel im Ökolandbau) verwendet. Üblicherweise handelt es sich um Mischkulturen verschiedener Arten, deren Zusammensetzung und damit Eigenschaften nicht im Detail bekannt sind. Darüber hinaus zeichnen sich Mikroorganismen durch eine ausgeprägte Neigung zur Aufnahme/Weitergabe genetischen Materials aus (»Bakterienkompetenz«) und sind in Verbindung mit sehr kurzen Generationsdauern ständigen und schnellen Veränderungs- und Anpassungsprozessen unterworfen. All dies hat dazu geführt, dass bislang kaum Freisetzungen von gentechnisch veränderten Mikroorganismen stattgefunden haben und stattdessen in geschlossenen Systemen sogenannte Sicherheitsstämme verwendet werden, die als gesundheitlich unbedenklich gelten und ohne die speziellen Kulturbedingungen nach menschlichem Ermessen nicht überlebensfähig sind. Der Einsatz von synthetisch veränderten Mikroorganismen außerhalb geschlossener Systeme würde daher eine multidimensionale Veränderung der »biologischen Sicherheitslage« darstellen.

Quelle: TAB 2000 und 2005

### RISIKOBEWERTUNG OHNE KOMPARATOR

Eine solche »Risikobewertung ohne Komparator«, also ohne vertrauten Vergleichsorganismus, bedeutet die Entwicklung der bisherigen großenteils *komparativ-qualitativen* hin zu einer in viel größerem Umfang *quantitativen Risikoabschätzung*. Hierfür bieten sich zwei grundsätzliche Strategien/Herangehensweisen an:

1. eine umfassende (molekulare und sonstige) Charakterisierung und Testung der Eigenschaften im Labor, in »künstlichen Ökosystemen« (z. B. in Gewächshäusern) sowie im Freiland (wobei die Aussagekraft der Testergebnisse schon bei den bisherigen GVO umstritten war);
2. eine umfassende Modellierung der Eigenschaften und des Verhaltens von GVO *in silico*, d. h. in (gigantischen) Computersimulationen – ob deren Ergebnisse allerdings jemals so belastbar sein können, dass sie als Grundlage für eine Freisetzungsentscheidung dienen können, ist heute nicht prognostizierbar.

Aufgrund der intensiven Synbio-Forschungsarbeiten an Mikroorganismen kann davon ausgegangen werden, dass substanziell veränderte einzellige Organismen, insbesondere Bakterien und Mikroalgen perspektivisch auch außerhalb geschlossener Produktionsanlagen genutzt werden sollen, beispielsweise zur Bodensanierung oder in Form veränderter, gesundheitsförderlicher Darmflorabakterien. Auch wenn noch keine konkreten Anträge auf die Zulassung

von Freisetzungsversuchen oder gar die Marktzulassung vorliegen, haben sich wichtige Forschungseinrichtungen und -organisationen in den USA (Woodrow Wilson International Center of Scholars [WWICS]) sowie im Vereinigten Königreich (Centre for Synthetic Biology and Innovation am Imperial College London) in den vergangenen Jahren mit Sicherheitsfragen bzw. den Möglichkeiten der Risikoabschätzung befasst. Dabei wurde deutlich, wie wenig (auch aufgrund der geringen Zahl an Freisetzungen; Kasten) grundsätzlich über das Verhalten veränderter Mikroorganismen in der Umwelt bekannt ist. Im Mai 2014 hat das WWICS gemeinsam mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) (nach zwei Workshops im Auftrag der US-amerikanischen National Science Foundation [NSF]) eine erste Forschungsagenda zu den möglichen ökologischen Folgen von »synthetisch« veränderten Organismen (SVO) veröffentlicht (Drinkwater et al. 2014). Es sei dringend notwendig, Wissenslücken zu schließen, weil die ökonomisch sinnvolle Nutzung z. B. von Synbio-Anwendungen wie Biokraftstoffen aus Algen voraussichtlich die Freisetzung der Organismen in sehr großem Maßstab erfordere. Als sieben prioritäre Forschungsbereiche wurden (in Frageform) genannt (Drinkwater et al. 2014, S. 5):

- *Vergleichsorganismen*: Wie kann eine Risikoabschätzung durchgeführt werden, wenn es keine Vergleichsorganismen gibt?
- *Phänotypische Charakterisierung*: Wie können bedenkliche Eigenschaften von SVO identifiziert werden? Welche sind kurz-, welche sind langfristig relevant?
- *Fitness, genetische Stabilität, horizontaler Gentransfer*: Wie können diese für die Interaktion mit der Umwelt entscheidenden Parameter verlässlich und prospektiv bei neuartigen Organismen bestimmt werden?

- *Möglichkeiten des biologischen und physikalischen Containments*: Welche Anforderungen sind daran zu stellen? Welche Freisetzungen sind als irreversibel anzusehen?
- *Monitoring und Kontrolle*: Wie können SVO mit welchem Aufwand, mit welchen Methoden und welcher Verlässlichkeit im Freiland überwacht werden? Wer ist zuständig, wer hat Datenzugang?
- *Modellierung*: Wo liegen (zukünftige) Potenziale und Grenzen einer theoretischen Abschätzung des Verhaltens von SVO in der Umwelt?
- *Standardisierung von Methoden und Daten*: Welche Test- und Datenerhebungsmethoden sollten für Risikoabschätzung und Monitoring entwickelt werden? Wer könnte entsprechende Standards etablieren?

### INFRAGESTELLUNG DER EINZELFALLPRÜFUNG IM STUFENVERFAHREN?

Zusätzlich zu den »inhaltlichen« Herausforderungen einer Risikobewertung ohne Komparator können bzw. müssen kapazitative Probleme in Betracht gezogen werden: Genome-Editing-Verfahren zum schnellen und gleichzeitigen Einbringen mehrerer genetischer Modifikationen in Organismen lassen die Entwicklung einer viel größeren Zahl von gentechnisch veränderten Pflanzen und Tieren als in der Vergangenheit erwarten. Falls dementsprechend in kürzerer Zeit deutlich mehr GVO-Anträge auf Freisetzung oder Inverkehrbringung gestellt würden, dürfte dies die (personellen und finanziellen) Kapazitäten von Risikobewertungseinrichtungen schon bald überfordern und zwei bisherige Grundprinzipien der Risikoanalyse von GVO aus praktischen Gründen infrage stellen: die Einzelfallprüfung (»case-by-case«) und die schrittweise Risikoerhebung (»step-by-step«) in mehreren aufeinanderfolgenden Versuchen (Gewächshaus, Freisetzung in kleinem Maßstab, Freisetzung

in großem Maßstab, Inverkehrbringen) (Pauwels et al. 2013, S. 224; SCHER et al. 2014, S. 45). Das bereits heute zentrale Problem bzw. der fundamentale Streitpunkt, wie viel Wissen über die Eigenschaften und das Verhalten von genetisch modifizierten Organismen vor einer Freilandprüfung und dann kommerziellen Nutzung realistisch erlangt und wie eine gesellschaftliche und politische Risikobewertung durchgeführt werden kann, die von einem Großteil der gesellschaftlichen Akteure akzeptiert wird, dürfte sich dadurch noch einmal verschärfen.

### EINE NEUE RUNDE DER BIOSICHERHEITSFORSCHUNG STEHT AN

Mit Blick auf die fortschreitenden Möglichkeiten der Synbio i. w. S., v. a. der Genome-Editing-Verfahren, erscheint es daher fast schon drängend, dass sich auch das BMBF – im Verbund mit den anderen betroffenen Fachministerien BMUB und BMEL – erneut der Biosicherheitsforschung zuwendet, nachdem diese seit 2012 nur noch im Rahmen europäischer Projekte gefördert worden ist (BMBF 2014). Dabei muss bedacht werden, dass es auch bei der »konventionellen« Gentechnologie nach wie vor anhaltende Kontroversen insbesondere mit Bezug auf transgene Pflanzen gibt, ob denn die bisherige Risikoforschung überhaupt hinreichend war bzw. ist, um die Sicherheit einer Freilandnutzung garantieren zu können.

Auf der einen Seite steht die Einschätzung, dass sowohl die öffentlich finanzierte Biosicherheitsforschung als auch die Daten, die im Rahmen der Zulassungsverfahren für GVP erhoben werden, keine ernsthaften, spezifischen Risiken für Mensch und Umwelt zutage gebracht hätten – zumindest keine größeren, als auch von konventionell gezüchteten Pflanzen ausgehen könnten (BMBF 2014).

Auf der anderen Seite steht die Ansicht, dass die bisherige Biosicherheitsforschung einen viel zu kleinen Ausschnitt an Fragestellungen viel zu undifferenziert untersucht hat, um eine seriöse Risikoabschätzung vornehmen zu können. Nötig seien ein weitaus umfassenderer Ansatz, der viel detaillierter regionale Unterschiede der aufnehmenden Umwelt in Betracht zieht, sowie die Verbreiterung der beteiligten Fachdisziplinen und auch die Einbeziehung nichtakademischer Experten (Graef et al. 2012).

Dazu kommt die Kritik, dass die Daten, die von den Firmen bei den Zulassungsbehörden eingereicht wurden bzw. werden, völlig unzureichend seien, um eine Risikoabschätzung überhaupt vornehmen zu können. Gentechnikkritische Organisationen monieren in diesem Zusammenhang auch die Besetzung der Gremien bei der EFSA sowie dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), deren Mitglieder viel zu enge Verbindungen zur Gentechnikindustrie hätten, um neutrale Einschätzungen vornehmen zu können (zuletzt: Bauer-Panskus/Then 2015; BNN et al. 2015).

Doch darüber hinaus wird bei Weitem nicht nur von Gentechnikkritikern, sondern auch von Wissenschaftlern, die einer Nutzung der Gentechnik in der Pflanzenzucht offen gegenüberstehen, bemängelt, dass viele Firmen sich weigern, ihre patentgeschützten Pflanzen für eine neutrale, nichtinteressengebundene Risikoforschung zur Verfügung zu stellen (Waltz 2009).

Um eine forschungspolitische Programmatik für eine prospektive Biosicherheitsforschung zur Synbio i. w. S. entwickeln zu können, erscheint es daher notwendig, die bestehenden, ungeklärten Kontroversen über die Risikobewertung von GVO ein weiteres Mal aufzurollen und zu versuchen, die

Schwachstellen bzw. Streitpunkte der bisherigen Risikoforschung einer umfassenden und v. a. diskursiven Bilanzierung zu unterziehen.

### WIE KÖNNTE EIN PROZESS ORGANISIERT WERDEN? WO LAUERN FALLSTRICKE?

Es war nicht Aufgabe des TAB-Projekts, eine Bewertung der Forschungslage zu GVO/GVP zu versuchen oder gar ein Forschungsprogramm zur »Risikobewertung ohne Komparator« zu entwerfen. Aber auf Basis der langjährigen Befassung des TAB mit der Gentechnologiekontroverse im Allgemeinen und derjenigen zu GVP im Besonderen wurden einige Hinweise zu den Möglichkeiten und Erfordernissen bei der Ausgestaltung des vorgeschalteten Klärungsprozesses und der Forschungsprogrammatisierung selbst abgeleitet:

- › Nach Jahrzehnten heftiger Kontroversen über die Nutzung der Bio- und Gentechnologie muss allen Beteiligten klar sein, dass bei der Risikobewertung von GVO die naturwissenschaftlichen Aspekte nur einen Teil der relevanten Fragen abdecken. Ein zukünftiges Biosicherheitsprogramm müsste daher von vornherein sowohl natur- als auch sozial-, geistes-, wirtschafts- und rechtswissenschaftlich ausgerichtet sein, langfristig und ressortübergreifend konzipiert und dabei echte Beteiligungsmöglichkeiten für die Kompetenz und Interessen aller relevanten gesellschaftlichen Akteure bieten. Die Koordination eines entsprechenden Prozesses zur Erarbeitung eines Forschungsprogramms müsste durch eine Institution bzw. ein (Lenkungs-)Gremium erfolgen, die/das von so vielen Beteiligten wie möglich als neutral und fair eingeschätzt wird.
- › Es kann nicht darum gehen, die vorhandenen Einstellungs- und Bewertungsunterschiede aufzulösen. Das

konkrete Ziel wäre stattdessen, die wichtigsten offenen Fragen zu definieren und sich gemeinsam darüber zu einigen, welche davon im Rahmen des vorhandenen Budgets z. B. in einer ersten Programmperiode mit welcher Art Forschungsansatz untersucht werden sollen.

- › Eine Herausforderung wird sein, mit den Extrempositionen umzugehen, die besagen, dass eigentlich alle Fragen zur Biosicherheit von GVO offen oder aber eigentlich alle bereits beantwortet sind (und zwar mit dem Nachweis der Risikolosigkeit). Es müsste vermieden werden, dass die Vertreter dieser Positionen den Prozess blockieren.
- › Der Verständigungsprozess bzw. der Entwurf eines Forschungsprogramms muss nicht bei null ansetzen, sondern kann auf die laufenden Aktivitäten zur Risikobewertung von GVP ohne Vergleichsorganismus sowie die o. g. ersten Forschungsansätze aus der internationalen Synbio-Debatte aufbauen.
- › Die zentrale neue Herausforderung, dass für die Sicherheitsbewertung von Synbio-Organismen per Definition nicht mehr einfach vertraute Vergleichsorganismen herangezogen werden können, sondern ein zumindest in bestimmter Hinsicht neuer, unbekannter Organismus komplett hinsichtlich seiner Eigenschaften und seines Umweltverhaltens charakterisiert werden muss, macht die Aufgabe zwar enorm schwer, bietet aber einen gewissen Vorteil für die Verständigung zwischen Gentechnikkritikern bzw. -skeptikern und -befürwortern: Es entfällt der fundamentale Streitpunkt, ob die Vertrautheit und Ähnlichkeit so groß sind, dass nur die neue gentechnische Eigenschaft getestet und bewertet werden muss. Dies war von den Kritikern regelmäßig angezweifelt worden.
- › Ein absehbarer Konfliktpunkt sind Freisetzungsversuche substanziell

veränderter Organismen. In Europa sind diese in den nächsten Jahren aufgrund der restriktiveren Vorgaben gegenüber den USA und einigen anderen Ländern kaum zu erwarten. Allerdings müsste es auch kein Tabu sein, eine internationale Arbeitsteilung bzw. Koordination, die bei einem globalen Thema wie der Biosicherheit sowieso in vieler Hinsicht notwendig ist, gezielt für besonders umstrittene Bereiche, wie z. B. erste Freisetzungsversuche, zu verabreden. Dies findet durch die unterschiedlichen Regulierungsvorgaben im Bereich der GVO bereits heute statt und könnte sich auch z. B. aufgrund geeigneterer geografischer bzw. ökosystemarer Gegebenheiten anbieten.

- › Ein wichtiger Punkt wird die Finanzierung sein. Ob die Privatwirtschaft in Form von Industrieverbänden, Versicherungsunternehmen oder Investorennetzwerken in einen entsprechenden Fonds einzahlen würde bzw. sollte, wäre zu eruieren. Um eine breite Interessen- und Positionenabdeckung zu gewährleisten, wäre es auf jeden Fall nötig, Mitglieder des Vorbereitungs- und Steuerungskreises beispielsweise von vorrangig ehrenamtlich agierenden Umwelt-NRO angemessen zu entschädigen. Dies stellt bislang ein größeres Problem dar.

Eine internationale Kooperation in der Biosicherheitsforschung ist fraglos notwendig, entbindet aber nicht von nationalen Aktivitäten – vor allem weil die Sicherheitsfragen so eng mit der gesellschaftlichen Debatte, die auch innerhalb Europas durchaus unterschiedliche Akzente aufweist, verknüpft sind. Ein erster konkreter Schritt könnte die Organisation einer Sondierungskonferenz durch die zuständigen Ministerien bereits unter stärkerer Beteiligung der relevanten gesellschaftlichen Gruppen sein.

## EINE ÜBERGREIFENDE FRAGE: ERWEITERUNG DER AKTEURSKREISE?

Wie im TAB-Bericht gezeigt wird, resultieren die kurz- und mittelfristigen Anwendungsmöglichkeiten aus der Synbio i. w. S., während das Zukunftspotenzial der Synbio i. e. S. kaum zu prognostizieren ist. Dass vom Menschen weitgehend »designte« biologische Systeme auf Dauer tatsächlich leistungsfähiger, umweltverträglicher und insgesamt nachhaltiger sein können als lediglich »maßvoll«, d. h. in einigen wenigen Eigenschaften bio- bzw. gentechnologisch veränderte Lebewesen, ist rein hypothetisch und wird von vielen Wissenschaftlern ernsthaft angezweifelt. Die vielfältige BMBF-Förderung neuer Methoden der Bio- und Gentechnologie in unterschiedlichen Förderlinien (u. a. Biotechnologie 2020+, Systembiologie, aber auch über themenorientierte Programme in den Bereichen Gesundheit und Bioökonomie) – unter Verzicht auf eine strategische Verwendung des Begriffs Synbio – scheint daher naheliegend, um den vielen offenen Fragen durch eine große Diversität der Forschungsansätze Rechnung zu tragen.

Die wichtigste Perspektive der öffentlichen FuE-Förderung sollte das Offenhalten bzw. Erweitern von Optionen sein, was eine zu starke oder vorzeitige Festlegung auf spezielle Technologien oder Verfahren verbietet – insbesondere angesichts einer so großen Herausforderung, wie sie das Erreichen einer globalen, nachhaltigen Bioökonomie darstellt. Ein zweiter Orientierungspunkt für die Entwicklung von gesellschaftlich potenziell umstrittenen Technologien, wie sie die Synbio als nächste Stufe der Bio- und Gentechnologie repräsentiert, wurde in vielen Analysen (bei Weitem nicht nur, aber auch) des TAB gerade im Bereich der Gentechnologie herausgearbeitet (TAB 2008) und sollte mittlerweile fast

selbstverständlich sein, wird aber nach wie vor zu oft ausgeblendet: weg von einer isolierten Betrachtung der Technologiepotenziale und hin zu einer umfassenden, problemlösungsorientierten Optionenprüfung. Hierbei wird dann die Beteiligung gesellschaftlicher Akteure außerhalb des Wissenschafts- bzw. klassischen Innovationssystems besonders wichtig, weil diese beispielsweise aus der Landwirtschaft oder der Gesundheitsversorgung Erfahrungswissen und Alltagswissen einbringen können, das wissenschaftliche Analysen und Herangehensweisen alleine nicht bieten.

## BETEILIGUNG VON STAKEHOLDERN – UND DER BREITEREN ÖFFENTLICHKEIT?

Die Einbindung von Vertretern gerade der kritischen zivilgesellschaftlichen Organisationen wäre nicht nur bei künftigen Förderprogrammen zur Risiko- bzw. Sicherheitsforschung der Biotechnologie von besonderer Bedeutung, sondern auch im Bereich der nutzen- bzw. optionenorientierten Forschungsförderung ist die Forderung nach Beteiligung gesellschaftlicher Akteure außerhalb des Wissenschaftssystems fast schon Konsens (u. a. festgehalten in Absatz 5.2 des aktuellen Koalitionsvertrags).

Wie im Beitrag von Steffen Albrecht im Schwerpunkt (S. 13 ff.) deutlich wird, ist es nicht trivial, mit der breiten Öffentlichkeit in frühen Phasen über Entwicklungen im Forschungsbereich zu debattieren – zumal, wenn selbst in der »Scientific Community« keine rechte Einigkeit über das Wesen und die Stoßrichtung einer wissenschaftlichen Entwicklung besteht. Mit Blick auf die konkrete Ausgestaltung von Forschungsagenden erscheint aus Sicht des TAB daher weniger eine sehr zukunfts- bzw. visionenorientierte Debatte als vielmehr eine vorrangig nachfrage- bzw. bedürfnis- und problem-



orientierte Diskussion angebracht, die den aktuellen, durch empirisch ermittelte Daten belegten Stand der Synbio und anderer Technologien sowie deren absehbare Anwendungen berücksichtigt. Sowohl die zivilgesellschaftlichen Organisationen als auch alle interdisziplinär oder gesellschaftlich besetzten Beratungsgremien und -einrichtungen (wie der Rat für Nachhaltige Entwicklung, der Sachverständigenrat für Umweltfragen [SRU], der WBGU, der Deutsche Ethikrat, das Wuppertal-Institut, das Deutsche Biomasseforschungszentrum oder der Bioökonomierat) stellen die Problem- und Bedarfsanalyse in den Vordergrund – und beschreiben dann die Anforderungen an organisatorische, politische, soziale und technologische Handlungsmöglichkeiten sowie daraus resultierenden Forschungsbedarf. Dieses Vorgehen prägt mittlerweile auch sehr deutlich die großen Forschungsprogrammatiken der Bundesministerien, u. a. die neue Hightech-Strategie oder die Forschungsagenda »Green Economy«.

Während es für die großen Wissenschaftsorganisationen und -einrichtungen, darunter die Akademien, aber auch die großen gesellschaftlichen Akteure wie Gewerkschaften und Kirchen sowie die Privatwirtschaft meist problemlos möglich ist, eine personelle und fachliche Begleitung von bzw. Beteiligung an der Entwicklung von Forschungsprogrammatiken zu organisieren, fällt dies den zivilgesellschaftlichen Organisationen aus dem Umwelt-, Entwicklungs- oder Sozialbereich deutlich schwerer, weil sie häufig nur wenige bezahlte Mitarbeiter haben, deren Arbeit zum großen Teil aus Mitgliedsbeiträgen finanziert wird. Es ist daher seit längerem eine verständliche Forderung, dass Fördermittel nicht nur sporadisch, sondern mit längerfristiger Zusage für eine organisierte Teilhabe von NRO-Vertretern durch die Forschungs-

politik zur Verfügung gestellt werden (Forschungswende 2014; Ober 2014; Veciana/Neubauer 2014).

### DIY-BIOLOGIE ALS BESONDERE FORM DER CITIZEN SCIENCE

Die aktive Teilnahme von Nichtwissenschaftlern an Forschungsprojekten wird seit einigen Jahren unter dem Begriff Citizen Science verstärkt von der Politik gefördert. Das BMBF hat die Internetplattform »buergerschaftswissen.de« ins Leben gerufen, die als zentrale Anlaufstelle für Projekte der Bürgerforschung in Deutschland dienen soll. Hierbei dominieren bislang Vorhaben, bei denen die Bürger vorrangig an der Datenerhebung beteiligt sind, beispielsweise bei Tierartenzählprojekten oder astronomischen Beobachtungen – also eine Art »Wissenschaft mit Bürgern« (s. den Beitrag von L. Hennen im Schwerpunkt, S. 23 ff.).

Wie Rüdiger Trojok ausführlich im TAB-Bericht zur Synthetischen Biologie (TAB 2015) beschreibt, steht die DIY-Biologie demgegenüber für eine »Wissenschaft durch Bürger«, wobei sich aus der Perspektive der akademischen Wissenschaft die Frage stellt, ob bzw. welche DIY-Aktivitäten wirklich als Wissenschafts- bzw. Forschungsprojekte bezeichnet werden können bzw. sollen. Die sehr heterogene Szene der DIY-Bio- oder Biohackerbewegung selbst interessiert die Antwort auf diese Frage allerdings wenig, ihr geht es um eine aktive Wissensaneignung, um Experimentieren und Ausprobieren jenseits von Top-down-Mitmachveranstaltungen, Tagen der offenen Tür oder langen Nächten der Wissenschaft in Forschungseinrichtungen oder Science Centern.

Für die Forschungspolitik stellt sich die Frage, ob zu einer umfassenden Beteiligung der Gesellschaft am wissenschaftlichen Fortschritt in der Biotechnologie bzw. der Synbio i. w. S. nicht auch

die gezielte Unterstützung von Biohackerspaces gehören sollte, so wie es z. B. in Frankreich oder den USA in gewissem Umfang erfolgt ist. Erkundet werden könnte auch die Entwicklung von »Bürgerlaboren«, die an Universitäts- oder sonstige Forschungsinstitute angegliedert werden. Dabei müsste allerdings gewährleistet sein, dass diese über Kommunikations- bzw. Bildungsmaßnahmen wie die bestehenden »gläsernen Labore« u. Ä. hinausgehen und ganz explizit Platz für eigene Ideen nichtprofessioneller Akteure geschaffen wird. Ein entscheidender Punkt dabei wäre – wie so oft – die Frage der Finanzierung dieser Bürgerlabore, aber auch der zeitlichen Möglichkeiten von angestellten Wissenschaftlern aus den »gastgebenden« Instituten, sich ohne Erfolgs- und Publikationsdruck einem offenen Austausch und dem Experimentieren mit den »Bürgerforschern« widmen zu können.

Es kann sicherlich nicht um eine schlagartige flächendeckende Unterstützung von Biohackerspaces und Einrichtung von Bürgerlaboren gehen, sondern zunächst um ein Erproben mehrerer Varianten über einen nicht zu kurzen Zeitraum, der die Entwicklung und Umsetzung von DIY-Projekten realistischermode ermöglicht. Möglichkeiten des Missbrauchs, vor allem aber der unbeabsichtigten Gefährdung (Bioerror) müssen bei der Unterstützung der DIY-Biologie mit bedacht werden. Das gemeinsame Agieren an öffentlichen Orten bzw. in offenen, transparenten Gruppen sollte dabei der beste Garant gegen unentdeckte gefährliche Machenschaften bzw. die Abdrängung von Interessierten in die Illegalität sein. Gefördert werden sollte auch der Austausch der DIY-Biologen untereinander sowie mit der Öffentlichkeit über Fragen der gemeinsamen gesellschaftlichen und ethischen Verantwortung und Verpflichtung – und nicht nur an professionelle Biosicherheitsbeauftragte oder Ethikgremien delegiert werden.

Gerade mit Blick auf zukünftige weitreichendere und leichtere Zugangsmöglichkeiten zu Information und Technologie ist es wünschenswert, dass Hackerspaces und Bürgerlabore offene Orte des Austauschs und der Diskussion bleiben, die selbstverständlich die herrschenden Biosicherheitsregularien einhalten müssen.

## AUSBLICK

Der TAB-Arbeitsbericht Nr. 164 ist unseres Wissens die erste größere Studie zur Synbio, die den besonderen Stellenwert der Genome-Editing-Verfahren hervorhebt – weil diese in kurzer Zeit einen Entwicklungsstand erreicht haben, der eine Vielzahl neuer Anwendungen erwarten lässt. Im Mittelpunkt der politischen Aufmerksamkeit stehen dabei im Herbst 2015 die Anwendungen beim Menschen und ganz konkret die Frage nach einem internationalen Moratorium. Die Akademien, als erste die interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW), danach Leopoldina, acatech sowie die Akademienunion gemeinsam mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) haben sich für ein solches ausgesprochen (Reich et al. 2015; Leopoldina et al. 2015), im November und Dezember wird das Thema Genome Editing beim Menschen von BBAW und Deutschem Ethikrat in öffentlichen Veranstaltungen zur Diskussion gestellt. Auf internationaler Ebene findet Anfang Dezember in Washington, D.C., ein »International Summit on Human Gene Editing« statt, der von der US-amerikanischen National Academy of Sciences und der National Academy of Medicine, der britischen Royal Society sowie der Chinese Academy of Sciences veranstaltet wird. 2016 sollen dann ein Bericht und Empfehlungen zum verantwortlichen Umgang mit Genome-Editing-Forschung am Men-

schen vorgelegt werden (<http://nationalacademies.org/gene-editing/index.htm> [13.10.2015]).

Die Anwendungen an Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen dürften in der öffentlichen Aufmerksamkeit demgegenüber vorerst zurücktreten, die praktische Bedeutung aber wird in den kommenden Jahren groß werden. Das BMBF hat Mitte September 2015 eine Ausschreibung zu Forschungsverbänden und Klausurwochen zu ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten moderner Genom-Editing-Verfahren und deren möglicher Anwendungen innerhalb und außerhalb der Humanmedizin veröffentlicht ([www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/5638](http://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/5638) [13.10.2015]). Als mögliche rechtliche Themen werden u. a. eine systematische Aufarbeitung und Analyse bestehender Regelungen, z. B. zu den Vor- und Nachteilen produkt- versus verfahrensorientierter Regelungen sowie zur Risiko-Nutzen-Abwägung aufgeführt. Praktische Biosicherheitsforschung ist nicht Gegenstand der Fördermaßnahme.

Die Risikoforschung speziell zu GVP ist Gegenstand einer weiteren Ausschreibung, die das BfN Anfang Oktober 2015 veröffentlicht hat. Das Ziel der Maßnahme – eine Analyse der deutschen, europäischen und außer-europäischen Sicherheitsforschung zu GVP zur Ableitung zukünftigen Forschungsbedarfs – korrespondiert offenkundig mit den im vorliegenden Beitrag vorgestellten Schlussfolgerungen des TAB-Arbeitsberichts Nr. 164. Es wird spannend sein zu sehen, ob von den Forschungsnehmern Überlegungen zur diskursiven Ausgestaltung der Bilanzierung aufgegriffen und umgesetzt werden.

Auch die Debatte über das Thema Citizen Science schreitet voran. Das Projekt »BürGER schaffen WISSEN – Wissen schafft Bürger« (GEWISS) hat im September 2015 den Entwurf ei-

nes Rahmenpapiers »Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland« Green Paper zur Kommentierung veröffentlicht ([www.konsultation.buergerschaftenwissen.de/](http://www.konsultation.buergerschaftenwissen.de/) [13.10.2015]). Auch wenn die DIY-Biologie darin nicht erwähnt wird, dürfte die öffentliche und politische Aufmerksamkeit für das Thema Bürgerforschung insgesamt weiter wachsen.

All dies lässt eine intensive Debatte der Themen Synbio und Genome Editing als nächste Stufen der Bio- bzw. Gentechnologie im kommenden Jahr 2016 erwarten. Der Bericht des TAB bietet für die zukünftige Debatte im Bundestag, speziell im ABFTA, aber hoffentlich auch in der weiteren Fach- und allgemeinen Öffentlichkeit, eine Reihe von Anregungen. Von einem breiten gesellschaftlichen und medialen Interesse an den Ergebnissen des TA-Projekts kann ausgegangen werden, vielleicht ähnlich, wie es in der Vergangenheit beim Thema Gendoping (TAB-Brief 33) der Fall war.

*Arnold Sauter*

## LITERATUR

Bauer-Panskus, A., Then, C. (2015): Der lange Arm der Industrie: Einflussnahme auf Forschung und Behörden in Deutschland im Bereich Gentechnik und Lebensmittelsicherheit. Testbiotech e.V., München, [www.testbiotech.org/node/1144](http://www.testbiotech.org/node/1144) (13.10.2015)

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2014): 25 Jahre BMBF-Forschungsprogramme zur biologischen Sicherheitsforschung. Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen. Berlin, [www.bmbf.de/pub/Biologische\\_Sicherheitsforschung.pdf](http://www.bmbf.de/pub/Biologische_Sicherheitsforschung.pdf) (13.10.2015)

BNN (Bundesverband Naturkost Naturwaren e.V.), BUND (Bund für Um-

- welt und Naturschutz Deutschland), BÖLW (Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft), Deutscher Berufs- und Erwerbsimkerbund DBIB e. V., Gen-ethisches Netzwerk, Greenpeace, Mellifera e. V., NABU, Sambucus e. V., Save Our Seeds, Testbiotech e. V.) (2015): »Forschung im Bereich der Grünen Gentechnik« – Anhörung im Bundeslandwirtschaftsministerium am 26. Januar 2015. Verbändeforderungen für die Risikoforschung mit gentechnisch veränderten Pflanzen, [www.gen-ethisches-netzwerk.de/files/1501RT\\_forschung\\_gentech\\_forderungen\\_web.pdf](http://www.gen-ethisches-netzwerk.de/files/1501RT_forschung_gentech_forderungen_web.pdf) (13.10.2015)
- Drinkwater, K., Kuiken, T., Lightfoot, S., McNamara, J., Oye, K. (2014): Creating a research agenda for the ecological implications of synthetic biology. Joint Workshops by the MIT Program on Emerging Technologies and the Wilson Center's Synthetic Biology Project. Washington, D.C., [www.synbioproject.org/site/assets/files/1374/synbio\\_res\\_agenda1.pdf](http://www.synbioproject.org/site/assets/files/1374/synbio_res_agenda1.pdf) (13.10.2015)
- Forschungswende (Zivilgesellschaftliche Plattform Forschungswende – Vereinigung Deutscher Wissenschaftler VDW e. V.) (2014): Eckpunktepapier zu einer gemeinwohl orientierten Forschungspolitik. [www.researchincommunity.net/fileadmin/files/Transdisziplinär\\_Partizipation/Eckpunkte\\_einer\\_gemeinwohlorientierten\\_Forschungspolitik.pdf](http://www.researchincommunity.net/fileadmin/files/Transdisziplinär_Partizipation/Eckpunkte_einer_gemeinwohlorientierten_Forschungspolitik.pdf) (13.10.2015)
- Graef, F., Römbke, J., Binimelis, R., Myhr, A.I., Hilbeck, A., Breckling, B., Dalgaard, T., Stachow, U., Catacora-Vargas, G., Bøhn, T., Quist, D. et al. (2012): A framework for a European network for a systematic environmental impact assessment of genetically modified organisms (GMO). In: *BioRisk* 7, S. 73–97
- Greiter, A., Eckerstorfer, M., Heissenberger, A., Miklau, M., Dolezel, M., Sulzer, C., (2015): Challenges of a risk assessment of GMP without compa-
- rior and development of a concept. Bonn/Wien (in Vorbereitung)
- Halford, N., Hudson, E., Gimson, A., Weightman, R., Shewry, P.R., Tompkins, S. (2014): Safety assessment of genetically modified plants with deliberately altered composition. In: *Plant Biotechnology Journal* 12(6), S. 651–654
- Leopoldina (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. – Nationale Akademie der Wissenschaften), DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), acatech (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.), Akademienunion (Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V.) (2015): Chancen und Grenzen des genome editing/The opportunities and limits of genome editing. Halle (Saale)
- Ober, S. (2014): Partizipation in der Wissenschaft. Zum Verhältnis von Forschungspolitik und Zivilgesellschaft am Beispiel der Hightech-Strategie. München
- Pauwels, K., Mampuys, R., Golstein, C., Breyer, D., Herman, P., Kaspari, M., Pagès, J.-C., Pfister, H., van der Wilk, F., Schönig, B. (2013): Eventreport: SynBio Workshop (Paris 2012) – Risk assessment challenges of Synthetic Biology. In: *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 8(3), S. 215–226
- Reich, J., Fangerau, H., Fehse, B., Hampel, J., Hucho, F., Köchy, K., Korte, M., Müller-Röber, B., Taupitz, J., Walter, J., Zenke, M., (2015): Genomchirurgie beim Menschen – Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Analyse der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Berlin
- SCHER (Scientific Committee on Health and Environmental Risks), SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), SCCS (Scientific Committee on Consumer Safety) (2014b): Preliminary Opinion on Synthetic Biology II: Risk assessment methodologies and safety aspects. European Union, Brüssel
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2000): Risikoabschätzung und Nachzulassungs-Monitoring transgener Pflanzen (Autoren: Sauter, A., Meyer, R.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 68, Berlin
- TAB (2005): Grüne Gentechnik – Transgene Pflanzen der 2. und 3. Generation (Autor: Sauter, A. unter Mitarbeit von Hüsing, B.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 104, Berlin
- TAB (2008): Transgenes Saatgut in Entwicklungsländern – Erfahrungen, Herausforderungen, Perspektiven (Autor: Sauter, A.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 128, Berlin
- TAB (2015): Synthetische Biologie – die nächste Stufe der Biotechnologie (Autoren: Sauter, A., Albrecht, S., Doren, D. van, König, H., Reiß, T., Trojok, R., unter Mitarbeit von Elsbach, S.). Arbeitsbericht Nr. 164, Berlin
- Veciana, S., Neubauer, C. (2015): Bottom-Up Geschichten nachhaltigkeitsorientierter partizipativer Forschung. Eine partizipative Studie. Vereinigung Deutscher Wissenschaftler e. V., Berlin, [www.research-arts.net/download/PartizipativeForschung\\_Veciana-Neubauer\\_2015.pdf](http://www.research-arts.net/download/PartizipativeForschung_Veciana-Neubauer_2015.pdf) (13.10.2015)
- Waltz, E. (2009): Under wraps. In: *Nature Biotechnology* 27(10), S. 880–882

# BILANZ DER SOMMERZEIT

Die sogenannte Sommerzeit, also das Vorstellen der Uhrzeit um eine Stunde während der Sommermonate, wurde in den Jahren nach der Ölkrise 1973 in vielen europäischen Ländern eingeführt. Dadurch sollte das Tageslicht besser genutzt und Energie gespart werden. Bezüglich der Sinnhaftigkeit der Sommerzeit gibt es jedoch seit ihrer Einführung unterschiedliche Ansichten und gegensätzliche Positionen, und immer wieder wird von verschiedenen Seiten eine Neuordnung der Sommerzeitregelung gefordert.

Im Jahr 1980 hatten damals alle neun Mitgliedstaaten der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) eine Sommerzeit eingeführt, allerdings mit teils unterschiedlichen Zeitpunkten für Beginn und Ende der Sommerzeitperiode. Unter diesen Ländern gab es von Anfang an Bestrebungen, die Zeitumstellung in den europäischen Nachbarländern gemeinsam zu vollziehen, damit der Binnenmarkt nicht durch unterschiedliche Zeitregelungen gestört würde. Ein erster Schritt erfolgte 1980 durch die Verabschiedung der ersten Richtlinie 80/737/EWG zur Regelung der Sommerzeit, die ein gemeinsames Datum für den Beginn der Sommerzeit festlegte. Bis zur vollständigen Vereinheitlichung dauerte es allerdings weitere 16 Jahre; erst ab 1996 schrieb eine Folgerichtlinie auch ein gemeinsames Datum für das Ende der Sommerzeitperiode fest. In der derzeit gültigen Richtlinie 2000/84/EG zur Regelung der Sommerzeit vom 19. Januar 2001 ist die Anwendung der Sommerzeit für alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) verbindlich und auf unbegrenzte Dauer festgeschrieben. Vor diesem Hintergrund erfordert jede Änderung der Sommerzeit eine Änderung dieser Richtlinie.

## ÖFFENTLICHE DEBATTEN

Zum möglichen Nutzen der Sommerzeit im Verhältnis zu potenziellen negativen Auswirkungen gibt es seit ihrer Einführung sehr unterschiedliche Ansichten und kontroverse Diskussionen.

Die EU-Kommission gelangte zuletzt im Jahr 2007 zu dem Fazit, dass – ab-

gesehen von der Begünstigung von Freizeitaktivitäten und der Erzielung geringfügiger Energieeinsparungen – die (positiven und negativen) Auswirkungen der Sommerzeit kaum ins Gewicht fallen würden. Und weil damals auch kein EU-Mitgliedstaat Bedenken äußerte, bewertete die Kommission die Sommerzeitregelung als nach wie vor angemessen. Seit 2007 wurde keine offizielle Bewertung der Auswirkungen der Sommerzeit durch die EU-Kommission (oder vergleichbare Institutionen) mehr vorgenommen. Die Rahmenbedingungen, unter denen die Auswirkungen der Sommerzeit zu betrachten sind, haben sich seit 2007 jedoch zum Teil geändert. Der Strukturwandel im Energiesektor, Verschiebungen zwischen Wirtschaftszweigen, neue Beschäftigungsmodelle oder ein verändertes Mobilitäts- und Freizeitverhalten könnten Anlass für eine substanzielle Neubewertung der Auswirkungen der Sommerzeit geben.

Auch lässt sich z. B. in Deutschland ein starker Wandel der öffentlichen Meinung zur Sommerzeit konstatieren. Waren 1988 noch 58 % der Deutschen für und nur 26 % gegen die Zeitumstellung, lehnt heute die Mehrheit der Befragten – je nach Umfrage zwischen 56 und 73 % – die bestehende Sommerzeitregelung ab. Daran anknüpfend gibt es in Deutschland (z. T. auch in anderen Ländern) immer wieder verschiedene Bürgerinitiativen (oder auch parlamentarische Initiativen), die für die Abschaffung der Zeitumstellung plädieren. Als Begründung werden in erster Linie gesundheitliche Probleme infolge der Uhrenumstellungen angeführt.

Aus diesem Engagement resultierten bisher auch verschiedene Petitionen, u. a. eine Onlinepetition mit über 55.000 Unterstützern oder eine auf der Internetseite des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages veröffentlichte Eingabe mit rund 2.500 Mitzeichnenden. Die Eingaben wurden als Sammelpetition 2014 vom Petitionsausschuss abschließend beraten, mit dem Beschluss, die Petition der Bundesregierung zu überweisen sowie dem Europäischen Parlament zuzuleiten. Die Bundesregierung machte jedoch wiederholt deutlich, dass sie keinen Anlass sieht, sich auf europäischer Ebene für eine Abschaffung der Zeitumstellung einzusetzen, letztmalig am 4. November 2014.

Vor diesem Hintergrund hat der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages das TAB mit der Durchführung eines Projekts mit dem Titel »Bilanz der Sommerzeit« beauftragt.

## IDEE UND WIRKUNG DER SOMMERZEIT

Schon Ende des 18. Jahrhunderts machte der US-amerikanische Staatsmann und Wissenschaftler Benjamin Franklin den Vorschlag, durch früheres Aufstehen und Zubettgehen den Verbrauch an Kerzen zu reduzieren. Seine Intention entspricht also dem Hauptargument, mit dem von Anfang an für die Einführung der Sommerzeit plädiert wurde: Indem der Zeitraum menschlicher Aktivitäten besser an das nutzbare Tageslichtangebot angeglichen wird, sollen Energie und Kosten für Beleuchtungszwecke eingespart werden. Doch erst die Zeiten extrem knapper energetischer Ressourcen während des Ersten Weltkriegs gaben den Anstoß, im Deutschen Reich ab 1916 erstmals eine Sommerzeit einzuführen. Ein Großteil Europas folgte noch im sel-

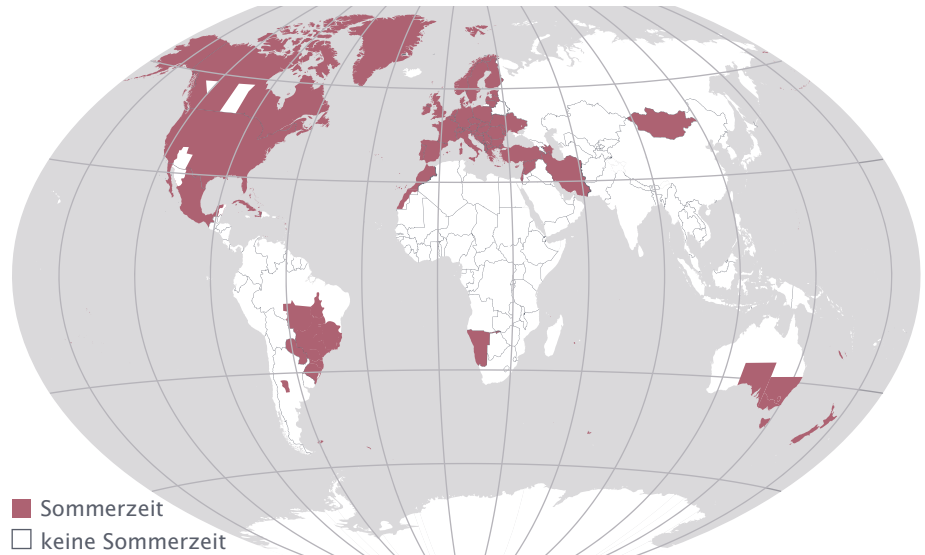
ben Jahr, die USA 1918. Nach Kriegsende kehrten die meisten Länder zur Normalzeit zurück. Wieder eingeführt wurde die Sommerzeit in den meisten europäischen Ländern erst nach Ausbruch des Zweiten Weltkriegs. So galt im Deutschen Reich ab dem 1. April 1940 bis zum 2. November 1942 zunächst eine ganzjährige Sommerzeit, ab 1943 dann die auch heute übliche halbjährige Sommerzeit. Wiederum wurde die Sommerzeit in den Jahren nach Kriegsende in den meisten Ländern wieder abgeschafft.

In Bezug auf die aktuelle Situation ist festzustellen, dass weltweit betrachtet die Mehrzahl der Staaten auf eine halbjährliche Uhrenumstellung verzichtet (Abb. 1): Im Jahr 2015 wandten lediglich 68 Länder eine Sommerzeit im gesamten Staatsgebiet an (z. B. alle EU-Mitgliedstaaten ohne die überseeischen Gebiete, Schweiz, Norwegen, Türkei, Israel, Libanon, Syrien, Iran, Marokko, Namibia, Neuseeland). In einigen Ländern wird die Sommerzeit nicht in allen Bundesstaaten angewendet (z. B. USA, Kanada, Australien, Argentinien, Brasilien, Mexiko, Grönland). Schließlich haben einige Staaten, die früher einmal eine Sommerzeit anwandten, diese mittlerweile wieder abgeschafft (z. B. Russland oder China).

Mit der Sommerzeit soll erreicht werden, dass der Tag als Zeitspanne des Wach- und Tätigseins und der sogenannte »lichte Tag« als Zeitspanne zwischen Sonnenauf- und -untergang besser miteinander in Einklang gebracht werden. Die genaue Wirkung der Sommerzeit auf die Korrelation zwischen Tag und lichtem Tag hängt jedoch zum einen von der Dauer und Lage des lichten Tages im Jahresverlauf – und damit von der geografischen Lage und der verankerten Zeitzone – ab, zum anderen von den menschlichen Verhaltensgewohnheiten (z. B. in Bezug auf die Aufsteh-, Arbeits- und Zubettgehzeiten), also von Faktoren, die einen star-

ABB. 1

WELTWEITE VERWENDUNG DER SOMMERZEIT (STAND 2015)



Quelle: nach [www.timeanddate.com/time/dst/2015.html](http://www.timeanddate.com/time/dst/2015.html) (10.8.2015)

ken nationalen bzw. regionalen Bezug aufweisen. Die Abbildung 2 stellt diesen Zusammenhang exemplarisch für die Situation in Berlin und einen in Bezug auf die gesetzliche Uhrzeit über das ganze Jahr gleichbleibenden Arbeitstag von 9 bis 17 Uhr dar. Unter diesen Voraussetzungen rückt die Sommerzeit die Tagesstruktur der Menschen relativ zum Tageslauf der Sonne um eine Stunde vor, wodurch eine bessere Nutzung der Tageshelligkeit am Morgen ermöglicht wird und sich die Freizeit mit Tageslicht nach Arbeitsende verlängert.

Etwas anders stellt sich die Situation beispielsweise in Madrid dar (Abb. 3). Hier ist die Tageslichtphase verglichen zur Situation in Berlin aufgrund der südwestlichen Lage im Sommer kürzer und in Richtung des Abends verschoben. Wird ein typischer Arbeitstag wie im Beispiel für Berlin unterstellt, bewirkt die Sommerzeit in Madrid, dass die Menschen unter der Woche auch im (Hoch-)Sommer in der Morgendämmerung aufstehen müssen.

Festzuhalten bleibt somit, dass die Wirkungen der Sommerzeit je nach geo-

grafischer Lage und menschlichen Verhaltensweisen (die wiederum durch den klimatischen, sozioökonomischen und kulturellen Rahmen geprägt werden) unterschiedlich ausfallen können, sodass der Nutzen bzw. die Sinnhaftigkeit der geltenden Sommerzeitregelung gerade auch innerhalb Europas bzw. in den EU-Mitgliedstaaten sehr heterogen bewertet werden dürfte. In genereller Hinsicht bedeutet dies, dass hierzulande (bzw. in einem bestimmten Land) gemachte Erfahrungen mit der Sommerzeit nicht ohne Weiteres auf andere Länder übertragen werden können.

## EFFEKT DER SOMMERZEIT AUF DEN ENERGIEVERBRAUCH

Im Kontext möglicher Energieeinsparungen zielte die Sommerzeit seinerzeit hauptsächlich auf die Verringerung des Strombedarfs für die Beleuchtung in privaten Haushalten: Sofern die Menschen nach der Zeitumstellung zur gewohnten Uhrzeit zu Bett gehen, verringert sich der Beleuchtungsbedarf um eine Stunde. Morgens resultiert – weil es in den Sommermonaten meist deutlich vor den üblichen Aufstehzeiten hell

wird – höchstens in den Wochen nach der Zeitumstellung im Frühjahr bzw. vor der Zeitumstellung im Herbst ein zusätzlicher Beleuchtungsbedarf. Dafür aber ist es morgens in der Regel kühler und nachmittags bzw. abends, wenn die Menschen wieder nach Hause kommen, in der Regel wärmer im Vergleich zur Situation ohne Sommerzeit. Für private Haushalte könnte hieraus in einigen Klimazonen ein zusätzlicher Bedarf an Heizenergie am Morgen bzw. an Klimatisierung am Abend entstehen.

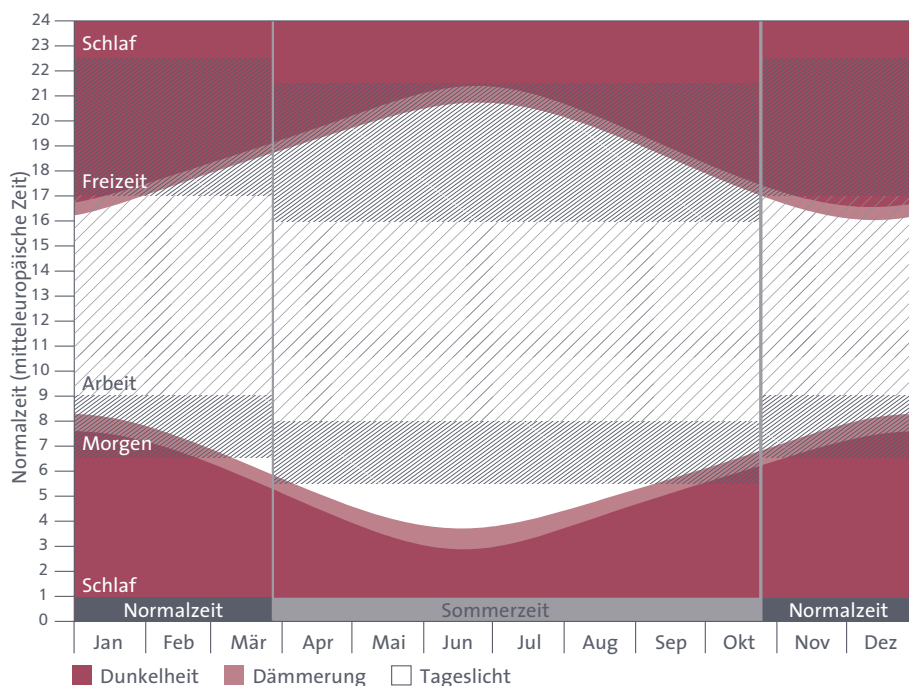
Mittlerweise verstärken sich die Hinweise, dass die Sommerzeit als einen der wesentlichen Gründe für die Einführung der Sommerzeit angeführten Energieeinsparungen sich nicht ausreichend realisieren lassen. So resümierte im Jahr 2007 auch die EU-Kommission, dass quantitative Studien Energieeinsparungen zwar bestätigten, diese aber nur gering ausfallen würden.

Auf der Basis des aktuell publizierten Forschungsstandes lässt sich als Ergebnis der im Rahmen des TAB-Projekts durchgeführten internationalen Literaturlauswertung festhalten, dass die Auswirkungen der Sommerzeit auf den Energieverbrauch sowohl positiv als auch negativ sein können, in Ausprägung und Höhe stark vom klimatischen, wirtschaftlichen und kulturellen Rahmen abhängen und in den meisten Fällen sehr gering sind.

Beim Stromverbrauch gehen knapp zwei Drittel aller bisher publizierten Analysen von sehr geringfügigen Einsparungen aus. Bezieht man die Studienergebnisse auf den nationalen Stromverbrauch der jeweiligen Länder, so ergibt sich eine Bandbreite von -0,9 bis 1%. In der Mehrzahl der Studien wird von einer Verbrauchsminderung von weniger als 0,2% des Stromverbrauchs oder 0,03% des Endenergieverbrauchs eines Landes ausgegangen. Auch bei der Raumwärme wird mehrheitlich von sehr geringen Effekten im Bereich von

ABB. 2

WIRKUNG DER SOMMERZEIT IN BERLIN



-0,2 bis 0,2% ausgegangen. Bei der Klimatisierung liegt die Spanne in einer Größenordnung von -0,2 bis 9%, wobei sich dieser Effekt in den jeweiligen Ländern stark unterscheidet.

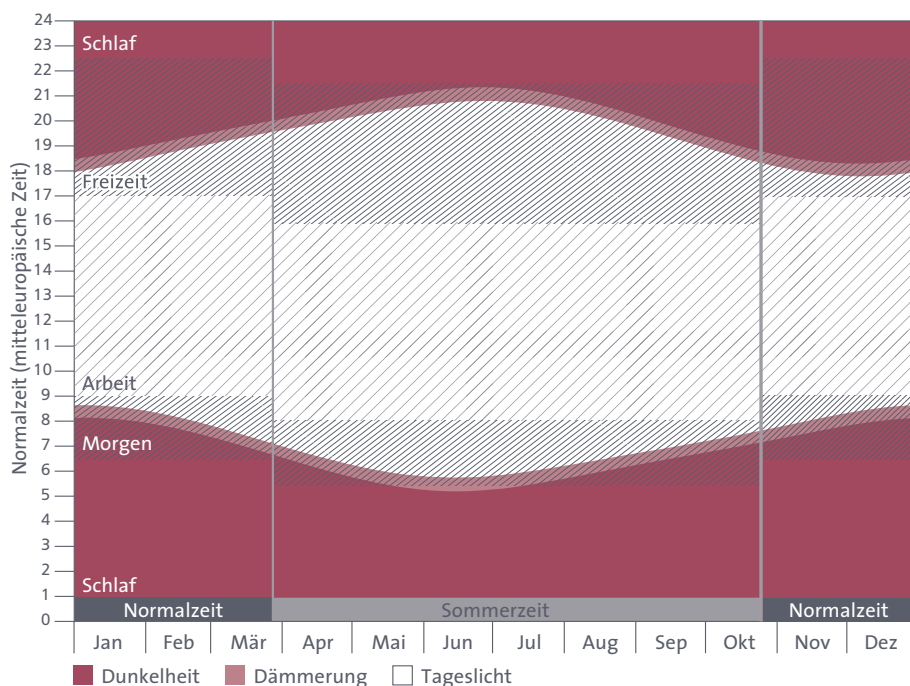
Diese Erkenntnisse beruhen auf empirischen und theoretischen Untersuchungen in verschiedenen Ländern. Weil die Auswirkungen auf den Energieverbrauch einen starken regionalen Bezug aufweisen, lassen sich in anderen Ländern erzielte Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf Deutschland bzw. die gesamte EU übertragen. Zudem ist es methodisch äußerst schwierig, die beobachteten Veränderungen tatsächlich der Sommerzeit zuzuordnen. Der publizierte wissenschaftliche Kenntnisstand ist insgesamt also noch sehr begrenzt.

Zusätzlich zur Literaturlauswertung wurden im Rahmen des TAB-Projekts Modellsimulationen zu den Auswirkungen der Sommerzeit auf den Stromverbrauch für Beleuchtungszwecke in deutschen Haushalten durchgeführt.

Die Modellsimulationen ermittelten Verbrauchsminderungen von weniger als 0,8% bezogen auf den Jahresstromverbrauch (Rückgang von 0,2% beim nationalen Stromverbrauch). Die Simulationen erlaubten darüber hinaus erstmals eine Quantifizierung des Einflusses der Sommerzeit auf private Haushalte, die durch Photovoltaik (PV) Strom produzieren, den sie sowohl selbst verbrauchen als auch ins öffentliche Stromnetz einspeisen. Sommerzeitbedingt erhöht sich die Korrelation von Stromverbrauch und Stromerzeugung durch PV um ca. 5% gegenüber der Situation ohne Sommerzeit, wodurch die Wirtschaftlichkeit privater PV-Anlagen gesteigert wird.

Zur Ergänzung des begrenzten publizierten wissenschaftlichen Kenntnisstands wurde im Rahmen des Projekts eine Umfrage bei über 700 Akteuren aus der deutschen Energiewirtschaft durchgeführt, bei denen potenziell Daten über die Durchführung entsprechender Untersuchungen vorliegen könnten. Es gab nur eine einzige Rück-

ABB. 3 WIRKUNG DER SOMMERZEIT IN MADRID



meldung mit quantitativen bzw. qualitativen Angaben eines regionalen Stromanbieters, dessen Daten allerdings nicht repräsentativ sind. Insofern erbrachte die Erhebung keine neuen Erkenntnisse ans Licht.

### EFFEKT DER SOMMERZEIT AUF DIE WIRTSCHAFT

Zwar bedingt die Zeitumstellung in einzelnen Branchen einen gewissen Anpassungsbedarf (beispielsweise in der Landwirtschaft oder im Schienenverkehr), allerdings hat sich dies mittlerweile allem Anschein nach zu einer Routineaufgabe entwickelt, die ohne größere Probleme zu bewältigen ist. Auch könnte die Zeitumstellung in bestimmten Branchen ggf. zu geringen Produktivitätseinbußen führen, einerseits aufgrund der mutmaßlichen Wirkungen auf die Befindlichkeiten der Beschäftigten in den unmittelbaren Tagen nach der Zeitumstellung, andererseits als Folge veränderter Lichtverhältnisse in den Morgen- bzw. Abendstunden

(z. B. im Bausektor). Allerdings gibt es in Bezug auf solche Effekte keine wissenschaftliche Evidenzbasis, sodass sich keine belastbaren Schlüsse auf einen gesamtwirtschaftlichen Schaden ziehen lassen. Schließlich lassen sich auch keine stichfesten Belege für einen möglichen ökonomischen Nutzeffekt der Sommerzeit beispielsweise auf die Freizeit- und Tourismuswirtschaft finden.

Eine weitere vom TAB durchgeführte Erhebung zu den Auswirkungen der Sommerzeit auf die Wirtschaft unter deutschen Wirtschaftsverbänden, Gewerkschaften und Berufsvertretungen (insgesamt 143 Organisationen) scheint die Einschätzung zu unterstützen bzw. zumindest nicht zu widerlegen, dass die Anwendung der Sommerzeit zu keinen größeren Diskussionen in den verschiedenen Wirtschaftssektoren mehr führt: Zum einen brachte die Erhebung keine ernsthaften positiven oder negativen Effekte der Sommerzeit auf die (deutsche) Wirtschaft zum Vorschein. Zum anderen war die Rücklaufquote der Er-

hebung äußerst gering (substanzielle Antworten gingen nur von drei Organisationen ein). Über mögliche Gründe für die geringe Rücklaufquote kann zwar nur spekuliert werden; allerdings kann vermutet werden, dass, wenn die Anwendung der Sommerzeit in einzelnen Branchen tatsächlich zu größeren Schwierigkeiten führen würde, stärkere Aktivitäten seitens der Interessenvertreter dieser Branchen zu erwarten wären.

Insgesamt spricht somit vieles dafür, dass sich mittlerweile alle Wirtschaftssektoren mit der Anwendung der Sommerzeit arrangiert haben. Zwar dürfte die Sommerzeit in einigen Branchen als lästig empfunden, in anderen Branchen dagegen wiederum als vorteilhaft wahrgenommen werden – eine vehemente und öffentlich artikulierte Ablehnung oder Zustimmung für die geltende Sommerzeitregelung, die mit Positionspapieren oder eigenen Analysen unterfüttert wäre, ist gegenwärtig allerdings aus keinem der betrachteten Wirtschaftsbereiche zu vernehmen.

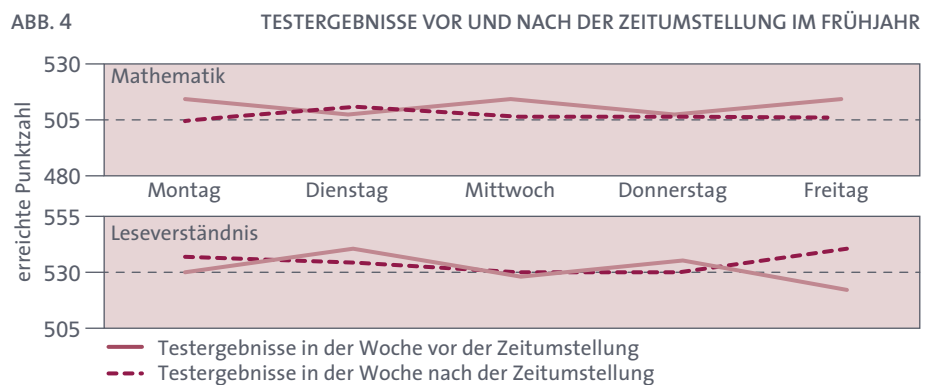
### EFFEKTE DER SOMMERZEIT AUF BEFINDLICHKEITEN UND GESUNDHEIT

Mittlerweise gibt es vermehrte wissenschaftliche Anhaltspunkte dafür, dass sich die Anpassung der biologischen Rhythmen des Menschen insbesondere an die Zeitumstellung im Frühjahr nicht so einfach vollzieht, wie noch vor wenigen Jahren angenommen worden war. Hier liefern neue Erkenntnisse Hinweise darauf, dass der Anpassungsprozess selbst binnen vier Wochen nach der Umstellung möglicherweise nur unvollständig bzw. gar nicht gelingt. Demgegenüber scheint die Zeitumstellung im Herbst weniger problematisch; in der Regel dürften Anpassungsprozesse (z. B. der Schlafzeiten) binnen ein bis zwei Wochen nach der Uhrenumstellung abgeschlossen sein.

Zu konstatieren ist jedoch auch, dass die relevanten Folgen der zeitumstellungsbedingten Störungen in den biologischen Rhythmen für die menschliche Gesundheit noch unklar sind. Die Störungen scheinen allerdings – zumindest nach der gegenwärtigen Erkenntnislage – ein zu geringes Ausmaß anzunehmen, als dass mit ernsthaften bzw. länger dauernden gesundheitlichen Beeinträchtigungen gerechnet werden muss.

So können aktuelle empirische Untersuchungen z. B. mehrheitlich keine abträglichen Wirkungen der Zeitumstellung auf das Leistungsvermögen nachweisen, wie etwa eine Auswertung der Ergebnisse von Schulleistungsuntersuchungen bei 22.000 Schülern am Ende der Grundschulzeit aus sechs europäischen Ländern zeigt: In Abbildung 4 sind die in der Woche vor (durchgezogene Linie) und in der Woche nach der Zeitumstellung im Frühjahr (gestrichelte Linie) ermittelten Testergebnisse im Wochenverlauf für das Fach Mathematik und beim Leseverständnis dargestellt: Nur marginale Veränderungen in den Schülerleistungen vor und nach der Zeitumstellung sind festzustellen, die allesamt statistisch nicht signifikant sind und sich teilweise gegenseitig ausgleichen (so reduzierte sich zwar die Mathematikleistung der Schüler am Montag nach der Zeitumstellung um 9 Punkte, dafür aber verbesserte sich das Leseverständnis um 8 Punkte).

In Bezug auf einen häufig diskutierten möglichen Zusammenhang der Zeitumstellung mit dem Herzinfarktrisiko lassen die teils widersprüchlichen Studienergebnisse kein klares Muster erkennen. So könnte es auch sein, dass die Zeitumstellung im Frühjahr keinen Einfluss auf die Gesamtzahl, sondern lediglich auf den Zeitpunkt des Auftretens der Herzinfarkte ausübt. Demnach ereigneten sich die in der ersten Woche nach der Zeitumstellung ohnehin zu er-



Quelle: Herber et al. 2015, S. 31

wartenden Herzinfarkte gehäuft in der ersten Wochenhälfte, dafür aber seltener als im Mittel in der zweiten Wochenhälfte. Auch lassen sich in empirischen Untersuchungen keine Hinweise finden, dass die Anwendung der Sommerzeit ernsthafte Auswirkungen auf die Psyche bzw. die mentale Gesundheit hätte.

Schließlich erlauben die heterogenen Studienergebnisse keine klaren Antworten auf die Frage, wie sich die Zeitumstellungen bzw. die Sommerzeit auf die Sicherheit im Straßenverkehr auswirken. Neueste Analysen sprechen mehrheitlich gegen die Hypothese, dass die Zeitumstellungen (signifikante) Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit in den Tagen nach der Uhrenumstellung haben. Über die gesamte Sommerzeitperiode betrachtet dürften die besseren Lichtverhältnisse am Abend insgesamt zu einer Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr beitragen, allerdings könnte sich dieser Effekt durch ein höheres sommerzeitbedingtes Verkehrsaufkommen auch wieder relativieren.

Zu konstatieren ist damit, dass der Wissensstand in Bezug auf die Befindlichkeitsstörungen bzw. Gesundheitsauswirkungen in den letzten Jahren zwar einen differenzierten Erkenntnisgewinn erfahren hat, gleichwohl ist er immer noch als sehr unvollständig

anzusehen und es fehlt insbesondere an belastbarer wissenschaftlicher Evidenz. So zeigen sich im Hinblick auf ein notwendiges Studiendesign große Lücken: Zu problematisieren sind insbesondere die nach wie vor meist nur sehr kurzen Beobachtungszeiträume und sehr kleinen Stichproben. So gibt es z. B. bis dato keine Langzeitbeobachtungen, sodass keine wissenschaftlichen Erkenntnisse darüber vorliegen, ob die durch die Zeitumstellung im Frühjahr hervorgerufenen Störungen in den biologischen Rhythmen über einen längeren Zeitraum anhalten und ggf. eine gesundheitsschädigende Wirkung haben könnten. Auch in diesem Kontext ist es zudem außerordentlich schwierig, ggf. ermittelte Effekte zweifelsfrei der Sommerzeit (bzw. der Zeitumstellung) zuzuschreiben, da in der Regel keine geeignete Kontrollgruppe (ohne Sommerzeit) existiert. Darüber hinaus gibt es keine – weder einzelstaatliche noch in diesem Zusammenhang dringend erforderliche länderübergreifende – Vergleichsstudien, die beispielsweise kulturelle, mentalitätsbedingte, sozioökonomische oder geografische Aspekte dezidiert in den Blick nehmen. Schließlich beziehen sich fast alle Untersuchungen nur auf gesunde Probanden – welche Wirkungen die Zeitumstellung auf Menschen ausübt, die z. B. unter Schlafstörungen leiden, ist nicht bekannt. Vor diesem Hintergrund ist somit die Aussagekraft vie-



ler Studien zu relativieren. Weiter gehende Forschung wäre notwendig, um gesundheitliche Folgen eingehender zu analysieren.

## RECHTLICHE SITUATION

Eine Änderung der gegenwärtigen Bestimmungen kann nur im Wege einer Änderung der Richtlinie 2000/84/EG zur Regelung der Sommerzeit im Rahmen eines ordentlichen Gesetzgebungsverfahrens auf Unionsebene erfolgen. Ein solches könnte auf vier verschiedenen Wegen angestoßen werden:

- › Initiative der EU-Kommission: Eine solche erscheint allerdings unwahrscheinlich, da die Regelungen zur Sommerzeit im Wege der Rechtsangleichung vollständig harmonisiert und auf unbefristete Zeit festgeschrieben sind. Weil zudem derzeit keine neuen relevanten wissenschaftlichen Erkenntnisse ersichtlich sind, besteht aktuell kein unmittelbarer Anlass zu einer Initiative der EU-Kommission.
- › Aufforderung des Europäischen Parlaments: Dies setzt eine einfache Mehrheit im Europäischen Parlament voraus. Die EU-Kommission muss dem nicht entsprechen, sie kann solche Initiativen auch mit

einer ablehnenden Stellungnahme begegnen.

- › Aufforderung des Rates: Dies setzt eine einfache Mehrheit (der Mitglieder des Rates) voraus. Auch in diesem Fall wäre die EU-Kommission aufgrund ihres Initiativmonopols nicht verpflichtet, einen Rechtsetzungsakt einzuleiten.
- › Europäische Bürgerinitiative: Das mögliche Begehren der Bürgerinitiative setzt mindestens 1 Mio. Unterstützer aus verschiedenen EU-Mitgliedstaaten voraus. Doch auch wenn dieses Quorum zustande kommt, wäre die EU-Kommission aufgrund ihres Initiativmonopols nur verpflichtet, ihre rechtlichen und politischen Schlussfolgerungen zu der Initiative sowie ihr weiteres Vorgehen bzw. den Verzicht auf ein weiteres Vorgehen und die Gründe hierfür darzulegen.

## RESÜMEE UND AUSBLICK

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die vorhandene wissenschaftliche Studien- und Erkenntnislage zu möglichen Auswirkungen der Sommerzeit noch sehr beschränkt und lückenhaft ist. Gleichwohl liefert sie keine Hinweise darauf, dass die Anwendung der Sommerzeit ernsthafte positive oder

negative energetische, wirtschaftliche oder gesundheitliche Effekte nach sich zieht. Insofern bleibt die Frage, ob die derzeit gültige Sommerzeitregelung beibehalten, geändert oder abgeschafft werden soll, auf absehbare Zeit Gegenstand politischer und öffentlicher Debatten, die nur in einem geringen Maße auf wissenschaftliche Fakten abstellen können. Zu welchen Ergebnissen diese Debatten auch immer führen: Jede Änderung der derzeit gültigen Sommerzeitregelung erfordert grundsätzlich eine Änderung der Richtlinie 2000/84/EG. Ob ein Rechtsetzungsverfahren zur Änderung der gegenwärtigen Bestimmungen eingeleitet wird, liegt aber allein im Ermessen der EU-Kommission.

## HINWEIS ZUR VERÖFFENTLICHUNG

Der TAB-Arbeitsbericht Nr. 165 »Bilanz der Sommerzeit« wurde im September 2015 abgeschlossen und wird nach Abnahme durch den ABFTA veröffentlicht.

### KONTAKT

Dr. Claudio Caviezel  
+49 30 28491-116  
caviezel@tab-beim-bundestag.de

# NEUE ELEKTRONISCHE MEDIEN UND SUCHTVERHALTEN

In den vergangenen Jahren ist die Nutzungsdauer elektronischer Medien stark angestiegen, zudem werden die Nutzer immer jünger – heute aufwachsende Kinder und Jugendliche kommen in allen ihren Lebensbereichen, sowohl in ihrem familiären und sozialen Umfeld als auch in Bildungseinrichtungen, mit elektronischen Medien umfassend in Kontakt. Aber auch in den Arbeits- und Lebenswelten Erwachsener sind die neuen Medien manifest. Damit einhergehend ist auch ein deutlicher Anstieg des gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Interesses rund um das Phänomen »Neue elektronische Medien und Suchtverhalten« zu beobachten. Das Thema Mediensucht ist somit hochaktuell und hat große Bedeutung sowohl für den Einzelnen als auch für die Politik.

Der gesellschaftliche, aber auch der wissenschaftliche Diskurs darüber, wie die Nutzung neuer elektronischer Medien bewertet werden kann, ist einerseits normativ aufgeladen und andererseits stark geprägt von divergierenden Bezugsrahmen, die unter anderem auch generationenspezifische oder wissenschaftlich-disziplinäre Sichtweisen widerspiegeln. So wird zum einen die Nutzung sozialer Netze als Teil einer digitalen Alltagskultur anerkannt. Zum anderen werden mögliche Gefahren exzessiver oder pathologischer Mediennutzung hervorgehoben: Man spricht von Medienabhängigkeit bei Kindern und Jugendlichen wie auch Erwachsenen, wenn sie die Kontrolle über ihre Zeit verlieren und Freundschaften, Hobbys, Schule oder Beruf vernachlässigen.

Die Aufarbeitung der wissenschaftlichen Befunde zu den Risiken elektronischer Medien wie auch die Auseinandersetzung mit den durchaus unterschiedlichen wissenschaftlichen und gesellschaftspolitischen Anliegen, Interessenlagen und Wertorientierungen der involvierten Stakeholder gewinnen stark an Bedeutung. Es geht vor allem darum, aktuelle Forschungsergebnisse und Sichtweisen in diesem Kontext schneller in den gesellschaftspolitischen Alltag zu übertragen und für die prospektive Gestaltung gesellschaftlicher Rahmenbedingungen nutzbar zu machen. Vor diesem Hintergrund hat der Deutsche Bundestag das TAB mit einer Untersuchung

zum Thema »Neue elektronische Medien und Suchtverhalten – Risiken, Bewältigungsstrategien und Präventionsmöglichkeiten« beauftragt. Der kürzlich fertiggestellte TAB-Arbeitsbericht Nr. 166 fasst die wissenschaftlichen Befunde zur suchtartigen Mediennutzung zusammen und stellt verschiedene gesellschaftspolitische Handlungsoptionen zur Diskussion.

## SUCHTVERSTÄNDNIS UND -KONZEPTE

Die wissenschaftlichen Studien im Kontext der Mediensucht zeichnen einen uneinheitlichen Stand, der zum Teil auf der Verwendung verschiedener Begriffe beruht, zum Teil aber auch auf unterschiedlichen inhaltlichen Auffassungen. Der Sammelbegriff Mediensucht beinhaltet eine Vielfalt von Bedeutungen und Inhalten, darunter auch medizinische und psychologische Krankheitskonzepte. Der Suchtbegriff insgesamt unterliegt kulturell geprägten Mustern und Konstruktionsprinzipien, er ist immer auch abhängig von Konzepten der Normalität. Die Diskussion um das Thema »Neue elektronische Medien und Suchtverhalten« verweist damit auf aktuelle kulturelle und gesellschaftliche Wertfragen, die vor dem Hintergrund der technologischen Entwicklung aktualisiert, kritisch reflektiert und in den öffentlichen Diskurs sowie die politische Debatte eingebracht werden müssen.

In der Alltagssprache wird der Begriff Mediensucht heute nahezu inflationär gebraucht und in aller Regel mit negativen Assoziationen verbunden. Dies trifft auch auf die journalistische Darstellung zu, wenn von »Computerjunkies« oder »Smartphonezombies« die Rede ist. Das heutige Verständnis von Suchtkrankheit ist vor allem durch ein medizinisches und psychologisches Krankheitskonzept geprägt. In dieser Perspektive wird Sucht als Erkrankung verstanden, die in einem Kontrollverlust besteht: Das Handeln des Süchtigen entzieht sich seinem Willen. Dabei wird »Sucht« in erster Linie mit stoffgebundenen Abhängigkeiten – wie etwa von Alkohol, Tabletten und Rauschgift – assoziiert. Im psychologisch-medizinischen Verständnis wird der Suchtbegriff seit einiger Zeit auch auf stoffungebundene Abhängigkeiten und exzessive Verhaltensweisen ausgedehnt, wie Glücksspiel-, Kauf-, Essbrech- (Bulimie) oder Magersucht (Anorexie), Sex-, Arbeits- oder Beziehungssucht – und nicht zuletzt Mediensucht.

Mediensucht ist in Deutschland bislang nicht offiziell als Erkrankung anerkannt. In aller Regel wird damit ein Mediennutzungsverhalten mit Krankheitswert bezeichnet, bei dem die Symptome einer psychischen Abhängigkeit erlebt werden, ein klinisch relevanter Leidensdruck aus dem Verhalten resultiert und das Verhalten trotz negativer Konsequenzen aufrechterhalten wird. Bei der Frage, ob und wie klassische medizinisch-psychologische Kriterien auf das Phänomen suchtähnlichen Mediennutzungsverhaltens anzuwenden sind, herrscht Uneinigkeit. Dies führt in der politischen und wissenschaftlichen Auseinandersetzung zu divergierenden Bewertungen und auch zu unterschiedlichen Kenngrößen bei der Charakterisierung der Häufigkeit von Mediensucht in der Bevölkerung (Prävalenzrate). Für die auch ökonomische Zuständigkeit des kli-

nischen Bereichs (Medizin, Psychologie, Psychiatrie) beispielweise in Form der Kostenübernahme als Kassenleistung ist ein Krankheitsmodell bzw. -verständnis von Mediensucht wesentliche Voraussetzung.

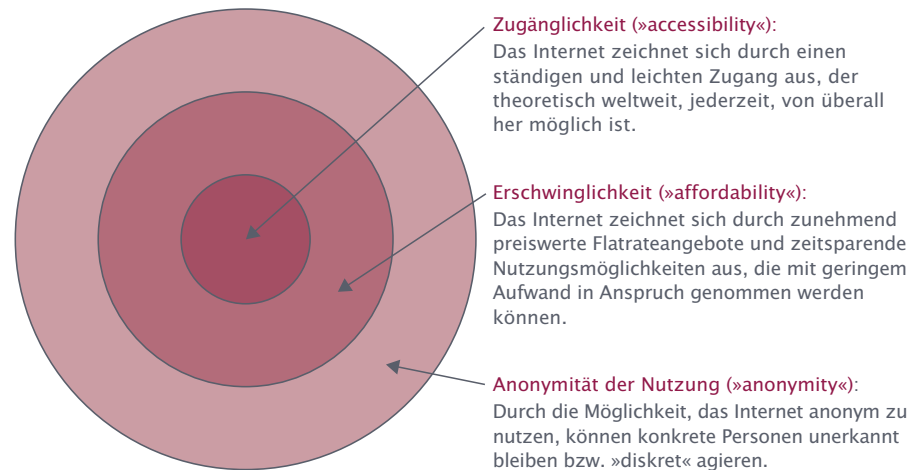
In den bekannten medizinischen Diagnosesystemen »Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme« (ICD) und »Diagnostisches und Statistisches Manual psychischer Störungen« (DSM) ist die Mediensucht nicht enthalten. Die American Psychiatric Association (APA) hat in der 5. Revision des DSM (2013) die spezifische Form der »Internet Gaming Disorder« als ein eigenständiges Störungsbild in der Sektion 3 aufgenommen, in die Störungen eingestellt werden, die noch weiterer Forschung bedürfen, bevor sie im Hauptteil akzeptiert werden. Damit wird das Störungsbild zwar nicht als formale Diagnose im Klassifikationssystem anerkannt, jedoch erstmals im Rahmen eines Klassifikationssystems definiert. Im wissenschaftlichen und politischen Diskurs ist die Anerkennung der Mediensucht als eigenständiges Krankheitsbild in den gängigen Klassifikationssystemen auch in Deutschland ein aktuelles Thema. Mit der Anerkennung als Krankheitsbild wird die Hoffnung verbunden, neben der Bereitstellung spezifischer Abrechnungsmöglichkeiten für die Leistungserbringer des Gesundheitssystems auch eine bessere Finanzierung präventiver Maßnahmen herzustellen und den systematischen Aufbau therapeutischer Angebote zu unterstützen.

## NEUE ELEKTRONISCHE MEDIEN UND SUCHTVERHALTEN

Bislang existiert keine allgemein geteilte, präzise Definition von Mediensucht. Sowohl im öffentlichen und politischen als auch im wissenschaftlichen Diskurs werden divergierende Begriffe zur

ABB. 1

TRIPLE-A DES INTERNETS: ACCESSABILITY, AFFORDABILITY, ANONYMITY



Bezeichnung des Phänomens herangezogen. Das Spektrum reicht von allgemeinen Bezeichnungen wie Medien- oder Internetsucht bis hin zu sehr spezifischen Bezeichnungen wie Online-Spielsucht oder Googlesucht. In wissenschaftlichen Studien wird darauf verwiesen, dass der Fokus auf den im Vergleich zur Mediensucht eingegrenzteren Begriff der Internetsucht gelegt werden sollte, bei dem außerdem verschiedene Formen unterschieden werden müssten. Im Folgenden werden dieser Strukturierung entsprechend aktuelle Forschungsergebnisse vorgestellt.

### ALLGEMEINE INTERNETSUCHT

Die allgemeine Internetsucht stellt eine generelle und multidimensionale Internetsucht mit großem Zeitkontingent und ohne Präferenz für eine spezielle Anwendung in den Mittelpunkt. Zu den Risikofaktoren für die Ausbildung einer allgemeinen Internetsucht zählen eine starke soziale Isolation sowie Persönlichkeitsmerkmale wie Schüchternheit, Stressanfälligkeit, ein geringes Selbstwertgefühl oder eine als gering wahrgenommene soziale Unterstützung. Als weiterer Risikofaktor wird das Fehlen von Bewältigungsstrategien für persönliche Probleme diskutiert. Zu den hauptsächlichen Folgen allge-

meiner Internetsucht zählt die Vernachlässigung von privaten, schulischen, beruflichen und gesellschaftlichen Aufgaben. Hinsichtlich der Prävalenz der allgemeinen Internetsucht gibt es keinen homogenen Forschungsstand: Die geschätzten Raten bewegen sich unter Anwendung unterschiedlicher Messverfahren zwischen 1,0 und 10,3 % der jeweils untersuchten Stichproben.

Das Attraktivitäts- und Bindungspotenzial des Internets wird mit der »Triple-A-Engine« beschrieben (Abb. 1). Der Begriff ergibt sich aus den Eigenschaften der Zugänglichkeit, Erschwinglichkeit und Anonymität der Nutzung. Hinzu kommen eine zunehmend attraktive Grafikgestaltung sowie die umfassende Einbindung interaktiver Elemente. Mit der Verbreitung von 3-D- bzw. Augmented-Reality-Anwendungen werden neue Attraktivitäts- und Bindungspotenziale der Onlinewelten generiert.

### ONLINESPIELSUCHT

Die Onlinespielsucht – auch als Computer-, Bildschirm- oder Internetspielsucht bezeichnet – wurde in den vergangenen Jahren intensiv diskutiert und stellt ein vergleichsweise gut beforschtes Thema im Kontext der Mediensucht dar. Als Risikofaktoren der Onlinespielsucht

werden Persönlichkeitsvariablen wie hohe Impulsivität, Introversion sowie Neurotizismus im Sinne der Neigung zu emotionaler Labilität, Ängstlichkeit und Traurigkeit diskutiert, aber auch Störungen im Antrieb sowie eine starke Neigung zur Verschiebung von Aufgaben (Prokrastination) und Ablenkung von negativen Stimmungen wie beispielsweise belastenden interpersonellen Konflikten. Zu den negativen Konsequenzen der Onlinespielsucht zählen zum Teil auch massive körperliche Folgen (Schlafentzug, Muskel- und Skeletterkrankungen, Kopfschmerzen etc.); hinzu kommen negative soziale und berufliche Konsequenzen. Die Angaben zur Prävalenz schwanken zwischen 0,3 und 15 % der jeweils untersuchten Stichproben.

### SOCIAL-NETWORK-SUCHT

Die Social-Network-Sucht (SNS) ist bislang wenig erforscht. Verschiedene Studien verweisen auf den Bedarf, die SNS als eigenständige Variante der Internetsucht hervorzuheben, zum einen aufgrund der stark steigenden Nutzungsdauer und zum anderen aufgrund gleicher Symptome wie bei stoffgebundenen und anderen stoffungebundenen Süchten. Wie im ganzen Spektrum der Mediensucht werden im Zusammenhang mit SNS verschiedene Begriffe genutzt: Hierzu zählen Onlinekommunikations-, Social-Media- oder Chatsucht sowie angebotsspezifische Begriffe wie Twitter-Tweet-, WhatsApp- oder Facebooksucht. Aufgrund dieser verschiedenen Begriffsdefinitionen und Untersuchungsansätze werden unterschiedliche Prävalenzen von SNS genannt. Bei den wenigen verfügbaren Studien fällt auf, dass bei Jugendlichen deutlich höhere Prävalenzraten geschätzt werden (bis zu knapp 40 % mit dysfunktionalem Verhalten bei der Nutzung sozialer Netze). Einige Studien zeigen, dass Jugendliche, insbesondere Mädchen, bzw. Frauen insgesamt

besonders gefährdete Nutzergruppen repräsentieren. Zudem werden Persönlichkeitsvariablen wie Neurotizismus, Extraversion, soziale Isolation und Ängstlichkeit sowie Einsamkeit als Risikofaktoren diskutiert. Im Vordergrund der negativen Effekte steht die Abnahme von direkter lebensweltlicher Kommunikation und Teilhabe. In einzelnen Studien wird zudem darauf verwiesen, dass Nutzer von sozialen Netzen schlechtere Schulleistungen aufweisen.

### ONLINESEXSUCHT

Onlinesexsucht wird auch als Internet- oder Cybersexsucht bzw. als exzessiver oder zwanghafter Pornografiekonsum bezeichnet. In einem weiten Verständnis beinhaltet Onlinesexsucht sowohl die exzessive Nutzung direkter computervermittelter Interaktionen zur sexuellen Erregung und Befriedigung als auch zwanghafte bzw. problematische Nutzungsweisen von Onlineerotika und -pornografie. Bei Onlinesexsucht besteht die Gefahr, dass die Masse und Varianz des online verfügbaren sexuellen Inhalts zur Entdeckung neuer Vorlieben im Kontext von Anonymität und Entpersonalisierung führen kann. Nicht zuletzt erscheint kulturkritischen Experten eine sexualisierte Gesellschaft als Auslöser für die Etablierung verschiedenster Onlinesexphänomene. Diese drei Aspekte (Gefahr der Chronizität, großes Angebot, sexualisierte Gesellschaft) werden als mögliche Triebfedern eines beschleunigten Prozesses hin zur Sucht diskutiert. Als Folgen von Onlinesexsucht werden negative Konsequenzen im beruflichen und privaten Bereich diskutiert, aber auch eine erhöhte sexuelle Aggression bzw. Gewalttoleranz gegenüber Frauen. Nicht zuletzt wird auf die negativen Folgen für die betroffenen Partner bzw. Familien der Onlinesexsüchtigen verwiesen: Das Spektrum reicht hier von Trennungen bis hin zu einem erhöhten Leistungs-

druck und Abwertungen der realen Beziehungen und Sexualität. Als Risikofaktoren werden Persönlichkeitsmerkmale wie eine hohe sexuelle Zwanghaftigkeit (Kompulsivität), aber auch ein für viele Onlinesexsüchtige charakteristischer dysfunktionaler Copingstil diskutiert. Hiermit ist gemeint, dass sich Betroffene online auf positive Weise z. B. begeistert, enthemmt oder attraktiv fühlen, offline hingegen frustriert, besorgt und gehemmt. Prävalenzschätzungen zur Onlinesexsucht divergieren zwischen 1 und 8,3 %. Aus Gründen von Unwissenheit, Verleugnungstendenzen und Schuldgefühlen, aber auch Scham wird eine hohe Dunkelziffer vermutet.

### ONLINEKAUFSUCHT

Unter Kaufsucht wird das episodisch auftretende, zwanghafte Kaufen von Konsumgütern und Dienstleistungen verstanden. Die erworbenen Güter werden dabei in aller Regel nicht unbedingt gebraucht. Das Internet und die damit einhergehenden Möglichkeiten zum Onlinekaufen erweitern die Potenziale zur Entstehung und Entwicklung von Kaufsucht. »Klassische« Kaufsucht und Onlinekaufsucht werden durch gesellschaftliche Werte einer Konsumgesellschaft gestützt. In der Folge nehmen betroffene Menschen das Suchthafte an ihrem Verhalten selbst oft nicht wahr. Als Risikofaktoren der Onlinekaufsucht werden vor allem hohe Depressionswerte gepaart mit einer starken materiellen Wertorientierung diskutiert. Zudem sollen ein niedriges Selbstwertgefühl, Impulsivität und defizitäre Selbstregulation sowie negative Befindlichkeiten wesentliche individuelle Bedingungsfaktoren darstellen. Zu den negativen Folgen für die betroffenen Menschen und deren Angehörige und Freunde werden Einschränkungen in der Lebensqualität (u. a. durch familiäre Zerrüttung oder soziale Isolation) und in der beruflichen Funktions-

fähigkeit gezählt sowie weitreichende finanzielle Schwierigkeiten durch Verschuldung und strafrechtliche Probleme (z. B. Veruntreuung von Geldern, Vortäuschen von Zahlungsfähigkeit). Für Deutschland werden Prävalenzen der Kaufsucht zwischen 5 und 8 % der Bevölkerung genannt. In den Studien wird die Onlinekaufsucht in der Regel nicht spezifiziert, sondern – mehr oder weniger explizit – als Teil der generellen Kaufsucht verstanden.

## ONLINEGLÜCKSSPIELSUCHT

Unter Onlineglücksspiele wird die Onlinebereitstellung von unterschiedlichen Glücksspieldiensten zusammengefasst, darunter Sportwettdienste, Kasinoglücksspiele, Differenzwetten, Glücksspiele zur Verkaufsförderung, Glücksspiele zugunsten von gemeinnützigen Einrichtungen sowie Lotteriespiele. Das (mobile) Internet und andere interaktive technologische Plattformen werden für verschiedene Zwecke genutzt: zum einen für das Angebot an Glücksspieldiensten für die Verbraucher bzw. als Vertriebskanal (z. B. Onlinekauf von Lotteriescheinen) und zum anderen als Plattform, auf der die Verbraucher gegeneinander spielen oder wetten können (z. B. Onlinepoker). Als Risikofaktoren werden negative Befindlichkeiten, Selbstwertprobleme, Defizite in der Selbstkontrolle, gesteigerte Impulsivität und Neurotizismus diskutiert. Zu den negativen Folgen zählen neben finanziellen Schwierigkeiten vor allem Konflikte im familiären und sozialen Umfeld sowie Schuld- und Schamgefühle, depressive Symptome, psychosomatische Störungen, berufliche Probleme, Arbeitsplatzverlust, Wohnungslosigkeit, kriminelle Taten und nicht zuletzt eine erhöhte Selbstmordgefährdung sowie erhöhter Suchtmittelgebrauch. Die vorliegenden Prävalenzschätzungen zur Onlineglücksspielsucht kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Eine von der Bundeszentrale für

gesundheitliche Aufklärung (BZgA) beauftragte Repräsentativbefragung der 16- bis 65-jährigen Bevölkerung in Deutschland verweist auf eine Quote des pathologischen Glücksspielverhaltens von 0,8 % (weibliche Befragte: 0,3 %, männliche Befragte: 1,3 %).

## BEDEUTUNG DER MEDIENSUCHT FÜR KINDER UND JUGENDLICHE

Vor dem Hintergrund eines großen Angebots an technischen multimedialen Geräten in den allermeisten Haushalten ist die Medien- und Internetnutzung für Kinder und Jugendliche fester Bestandteil ihrer alltäglichen Lebens- und Erfahrungsspielräume. Die vielfach noch ganz anders strukturierten Mediensozialisierungserfahrungen der älteren Generationen gegenüber heutigen Kindern und Jugendlichen führen oft zu emotional geprägten Spannungsfeldern in Familie und Schule. Es mangelt häufig an gemeinsamen medienbezogenen Erfahrungen der Beteiligten, sodass eine gemeinsame Kommunikationsbasis fehlt. Es besteht keine gesellschaftliche Werteklarheit, welches Mediennutzungsverhalten in welchem Alter »normal« und »gesund« bzw. im Sinn einer Medien-erziehung und -pädagogik »ratsam« ist. Unklar bleibt auch, ob es sich bei dem vermeintlich exzessiven oder abhängigen Nutzungsverhalten von Jugendlichen um eine zeitbezogene Phase stärkerer Mediennutzung handelt – die in bestimmten Phasen des Heranwachsens vorkommt und damit als »normal« interpretiert werden kann – oder ob die Beobachtung auf ein zeitstabiles, über die Jugend hinausreichendes Suchtphänomen verweist.

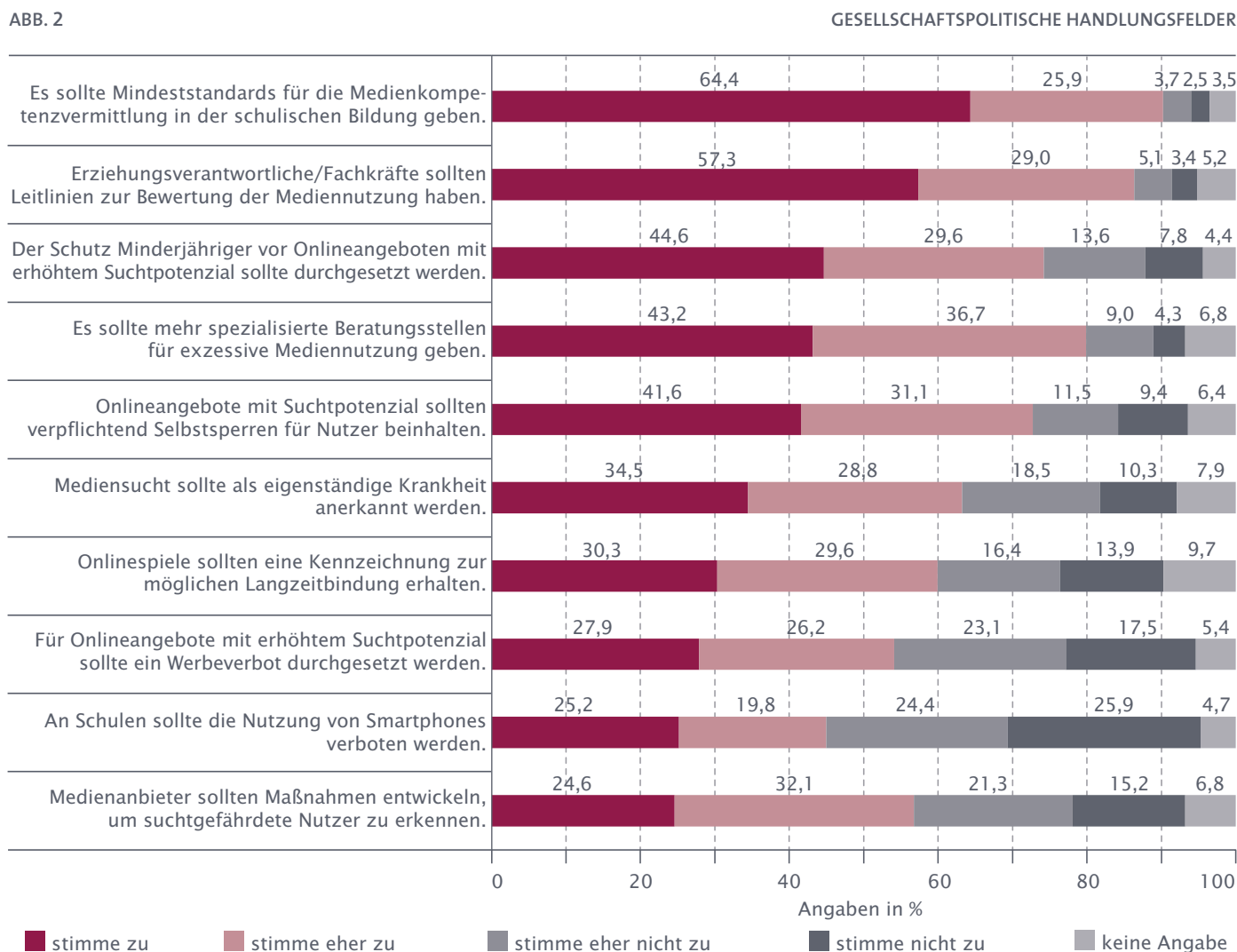
Als potenzielle Folgen der zunehmenden Durchdringung des alltäglichen Lebens mit elektronischen Medien gelten in der frühkindlichen Entwicklung ein erhöhtes Risiko für Entwicklungsverzögerung, sprachliche Defizite und die

Verschlechterung der Exekutivfunktionen sowie Aufmerksamkeitsstörungen, verminderte Gedächtnis- und Schulleistungen, Schlafprobleme und eine niedrige emotionale Reaktivität. Darüber hinaus wird mit Blick auf die Adoleszenz auch die Gefahr vermehrter impulsiver und aggressiver Handlungen sowie risikoreicheres Verhalten diskutiert. Die Prävalenzen für Mediensucht sind auch mit Blick auf Kinder und Jugendliche nicht konsistent, sondern schwanken stark. Gründe für diese heterogenen Befunde liegen zum einen in einer mehr oder weniger präzisen Einengung der verschiedenen Medienanwendungen, auf die sich die Erhebung des problematischen Verhaltens bezieht. Zum anderen gibt es eine große Heterogenität bei den eingesetzten Diagnose- und Messinstrumenten. Die geschätzten Raten bewegen sich laut einer 2014 veröffentlichten internationalen Reviewstudie zwischen 0,8 und 26,7 % der jeweils untersuchten Stichproben von Internetnutzern

## STAKEHOLDER PANEL TA

Das IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung widmet sich als Mitglied des TAB-Konsortiums der Aufgabe, den Schwerpunkt »Diskursanalyse und Dialog mit gesellschaftlichen Akteuren« aufzubauen. Es entwickelte hierzu das Konzept »Stakeholder Panel TA« für den systematischen Erfahrungs- und Meinungsaustausch mit gesellschaftlichen Akteuren über Herausforderungen und Folgen von Wissenschaft und Technik (TAB-Brief Nr. 45, S. 19 ff.). Das Stakeholder Panel TA wurde auch im Kontext des Themas Mediensucht genutzt, um die Einschätzungen, Meinungen und Erfahrungen unterschiedlicher gesellschaftlicher Akteure zu erheben.

Die Ergebnisse der im Zeitraum von Mai bis Juli 2015 durchgeführten



Quelle: Stakeholder Panel TA zu »Neue elektronische Medien und Gefahrenpotenzial exzessiver Nutzung«

Onlinebefragung unter dem Titel »Neue elektronische Medien und Gefahrenpotenziale exzessiver Nutzung« bestätigen die gesellschaftliche Relevanz des Problemfeldes und zeigen, dass es durch wesentliche Akteure der (deutschen) Gesellschaft wahrgenommen wird. Nicht nur in der Wissenschaft, sondern in der Gesellschaft insgesamt erscheinen sowohl Interpretation wie Schlussfolgerungen kontrovers. Die Ergebnisse der Onlinebefragung von insgesamt 2.560 Stakeholdern zeigen beispielsweise, dass etwa jeder Dritte der Befragten der These (eher) zustimmt,

dass der öffentliche Diskurs über die Gefahren exzessiver Mediennutzung übertrieben sei. Gleichzeitig sind knapp 70 % der Befragten – insbesondere Mitarbeiter in Beratungsstellen, Psychologen und Therapeuten – der Auffassung, dass Mediensucht als eigenständige Krankheit anerkannt werden sollte. Im Zusammenhang mit den gesellschaftspolitischen Handlungsfeldern sprechen sich zudem 64 % der Befragten für Mindeststandards bei der Medienkompetenzvermittlung aus. Rund 57 % befürworten, dass Erziehungsverantwortliche und Fachkräfte zukünftig über fundierte Leitlinien zur

Bewertung des Mediennutzungsverhaltens verfügen sollen. Etwa 45 % der befragten Stakeholder sind der Auffassung, dass ein Schutz Minderjähriger vor suchtgefährdenden Onlineangeboten durchgesetzt werden sollte (Abb. 2).

## RESÜMEE UND AUSBLICK

Die Untersuchungsergebnisse des TAB-Projekts »Neue elektronische Medien und Suchtverhalten«, die auf der Grundlage einer systematischen Literatur- und Quellenanalyse sowie verschiedenen eigenständigen empi-

rischen Arbeiten (leitfadengestützte Experteninterviews, Onlinebefragung im Stakeholder Panel TA, Workshops mit Kindern und Jugendlichen sowie Fachexperten) entwickelt wurden, verdeutlichen insgesamt, dass die verstärkte Beschäftigung mit den Wirkungen intensiver und suchtartiger Mediennutzung gesellschaftspolitisch hochrelevant ist. Das gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass das Normalverhalten der Gesamtbevölkerung zunehmend vom Zustand dauerhafter Nutzung geprägt ist, und neue elektronische Medien und allen voran das Internet ein in allen gesellschaftlichen Zusammenhängen verbreitetes mögliches Suchtmittel darstellen.

Die wissenschaftlichen Befunde zeichnen insgesamt einen uneinheitlichen Stand in dem vergleichsweise jungen Forschungsfeld und verdeutlichen bedeutende Forschungslücken. Sie verweisen gleichzeitig auf Handlungsoptionen, die unterschiedliche gesellschaftliche, politische und wissenschaftliche Gestaltungsmöglichkeiten, -notwendigkeiten und -ziele in den Fokus rücken.

### **VERBESSERUNG DER WISSENSBASIS**

Auch wenn die Anzahl wissenschaftlicher Studien zu diesem Themenfeld in den vergangenen Jahren sowohl in Deutschland als auch weltweit erheblich angestiegen ist, verweisen die Ergebnisse des TAB-Projekts auf wesentliche Forschungslücken. Es fehlt eine langfristige, prospektive und möglichst umfassend ausgerichtete Forschungsstrategie im Sinne der Untersuchung technischer, gesellschaftlicher, politischer, ethischer und anthropogener Dimensionen der Mediennutzung. Die Entwicklung dieser Strategie könnte auch als durchaus prominentes Anwendungsfeld partizipativer Forschung angelegt werden. Dies bedeutet, dass Wissenschaft und Forschung sowie

die in der Praxis involvierten Akteure mit ihren unterschiedlichen Sichten auf Sucht bzw. suchtartiges Verhalten in den Forschungsprozess eingebunden und durch die Forschungserkenntnisse unterstützt werden. Außerdem fehlen Evaluationsstudien zu Therapien und anderen Interventionsansätzen im Kontext von Mediensucht. Die identifizierten Forschungsdefizite sollten insbesondere vor dem Hintergrund, dass intensive Mediennutzung zunehmend zum Normalverhalten der Bevölkerung zählt und nicht zuletzt oft aus beruflichen Gründen erwartet wird, möglichst systematisch behoben werden.

### **STÄRKUNG DES GESELLSCHAFTLICHEN DISKURSES**

Derzeit wird sozial unerwünschtes Verhalten häufig als Sucht deklariert, ohne über eine ausreichende gesamtgesellschaftliche und wissenschaftliche Reflexion des zugrundeliegenden Begriffsverständnisses sowie der zugrundegelegten Werte zu verfügen. Bislang finden nur wenige Verständigungsprozesse statt, es fehlt gleichzeitig auch an fundierten Positionierungen der gesellschaftlichen Stakeholder (z. B. relevanter Fachverbände). Daher erscheint es geboten, einen solchen Diskurs zur Entwicklung einer gesellschaftlich und wissenschaftlich getragenen Wertebasis zu initiieren und zu klären, wo in etwa die Schwellenwerte zwischen Normalität und Sucht liegen. Ein Diskurs kann die unterschiedlichen Sichten, Zuständigkeiten, Kompetenzen und auch Machtverhältnisse der beteiligten Stakeholder nicht auflösen, aber die Kommunikation und Verständigung der Stakeholder fördern und unterstützen. Hierzu zählen insbesondere Kinder und Jugendliche, Eltern, pädagogische Fachkräfte, Fachverbände im Kontext von Medien und Sucht, aber auch (Kinder-)Ärzte, Psychotherapeuten und Sozialarbeiter sowie Träger wirtschaftlicher und politischer Verantwortung.

### **MEDIENSUCHT ALS EIGENSTÄNDIGES KRANKHEITSBILD DISKUTIEREN**

Veränderungen im Bereich der medizinischen Diagnostik führten in den letzten Jahren immer wieder zu lebhaften Diskussionen. Vor allem Experten aus den psychiatrienahen Disziplinen votieren für eine Aufnahme der Mediensucht sowie einzelner typologischer Ausprägungen als eigenständige Krankheit(en) in die diagnostischen Klassifizierungssysteme. Einwände erfolgen insbesondere von Jugendforschern, Pädiatern und Entwicklungspsychologen – hier wird zunächst mehr wissenschaftliches Wissen für die notwendige Beurteilung gefordert, inwieweit suchtartiger Medienkonsum insbesondere in Pubertät und Adoleszenz auch ein pädagogisch zu bewältigendes Entwicklungsthema bildet und durch eine möglicherweise ausufernde psychiatrische Diagnostik zu früh medikalisiert und stigmatisiert wird. Vor diesem Hintergrund gilt es, das Ziel einer Anerkennung von Mediensucht als eigenständiges Krankheitsbild in den gängigen Klassifikationssystemen zeitnah, inter- und transdisziplinär zu reflektieren und handlungsbezogene Schlüsse zu ziehen. Dies erscheint besonders relevant angesichts der Aufnahme der »Internet Gaming Disorder« in die Sektion 3 des DSM-5, die als Signalwirkung für die Revision des Klassifikationssystems ICD gewertet wird, die laut WHO im Jahr 2017 verabschiedet werden soll. In der Vergangenheit ist die Weiterentwicklung des ICD oft der Entwicklung des DSM gefolgt.

### **GESELLSCHAFTLICHE VERANTWORTUNG VON UNTERNEHMEN STÄRKEN**

Medienunternehmen sollten verstärkt gesellschaftliche Verantwortung für die Folgen der Mediennutzung übernehmen und neben einer angepassten,

nicht suchtfördernden Gestaltung medialer Angebote die Sicherstellung des Verbraucherschutzes sowie insbesondere auch des Kinder- und Jugendmedienschutzes in den Blick rücken. Medienangebote sollten auf ihre (Langzeit-)Bindungswirkung wissenschaftlich untersucht und ihr jeweiliges Gefährdungspotenzial für die Entstehung und Aufrechterhaltung süchtigen Verhaltens bewertet werden. So werden die Anbieter von Onlinespielen beispielsweise aufgefordert, die verwendeten Belohnungssysteme in den Spielen, die Einbindung in soziale Spielernetzwerke und die Möglichkeit bzw. Notwendigkeit einer zeitlichen Befristung der Spieleaktivität zu prüfen und den aus den Spielen selbst resultierenden Druck zum Spielen auf die Spieler zu verringern. Zudem ist (auch politisch) zu überlegen, wie altersangemessene Limitationen für den Zugang zu suchtgefährdenden Medienangeboten implementiert und durchgesetzt werden können.

### VERBESSERUNG DER PRÄVENTION UND PSYCHOSOZIALEN VERSORGUNGSSTRUKTUR

Zur Verbesserung der Prävention sollten sowohl Maßnahmen der breiten-spezifischen Primärprävention zur Verhinderung der Entstehung von Mediensucht als auch der risikogruppenfokussierten Sekundärprävention zur frühzeitigen Erkennung sowie der Tertiärprävention zur Bewältigung von Mediensucht gestärkt werden. Hierfür sind zum einen klare, standardisierte Bewertungs- und Diagnoseinstrumente erforderlich und zum anderen die Einbindung relevanter Akteure in die Präventionsprozesse (z. B. pädagogische Fachkräfte und Sozialarbeiter in Bildungs- und Freizeiteinrichtungen, Hausarzt- sowie Kinderarztpraxen). Eng hiermit verbunden ist auch die Etablierung eines geeigneten Schnittstellenmanagements, um etwaige Betroffene in ein sinnvolles Behandlungssystem

zu überführen. Von hoher Bedeutung ist ferner, Möglichkeiten des Selbstschutzes sowohl von Erwachsenen als auch von Kindern und Jugendlichen gezielt zu fördern. Dies kann auch durch die Entwicklung von Instrumenten wie Onlinetools oder Apps umgesetzt werden, die das Erkennen von Frühwarnsignalen erleichtern und positive Rückmeldung zu adaptivem Verhalten geben können.

Die verfügbaren psychosozialen Beratungs- und Behandlungsangebote weisen in der Regel hohe Zugangsschwellen auf, sodass sie nicht alle relevanten (gefährdeten) Ziel- und Risikogruppen gut erreichen bzw. von diesen nicht in Anspruch genommen werden. Die Angebote sollten insgesamt entsprechend niedrigschwelliger gestaltet werden. Im Hinblick auf Kinder und Jugendliche ist die verstärkte und umfassende Integration und Förderung niedrigschwelliger Angebote in die Tätigkeit sozialer Arbeit in den Schulen, aber auch Freizeiteinrichtungen zu bedenken (ggf. auch über sogenannte Mediscouts). So könnten sozialpädagogische Hilfestellungen im Umgang mit der Medienutzung und -sucht angeboten werden, die weitgehend niedrigschwellig und präventiv sind, soziale Benachteiligungen ausgleichen oder individuelle Beeinträchtigungen überwinden helfen können. Aber auch mobile Versorgungs- und Behandlungsangebote vor Ort – einschließlich innovativer Onlineangebote, in denen reflexiv die Internetnutzung »normalisiert« werden kann – im Sinne der Abwendung von klassischen »Komm-Strukturen« könnten helfen, bestehende Nutzungshemmschwellen abzubauen.

Die derzeitigen Forschungslücken führen auch zu mangelnden Standards und fehlenden einheitlichen Beratungsrichtlinien für die Anamnese, Beratung und Behandlung von Mediensucht im Kontext elektronischer Medien. Hier gilt es, die Versorgungsstruktur im Zuge

neuer Erkenntnisse kontinuierlich zu verbessern und an die Bedarfe anzupassen. Zudem sollten die interdisziplinäre Vernetzung der Versorgungs- und Beratungseinrichtungen verbessert und etwa notwendige Schnittstellen zwischen Pädagogik- und Suchtangeboten bzw. Jugend- und Familienhilfe sowie Schule systematisch entwickelt werden.

### HINWEIS ZUR VERÖFFENTLICHUNG

Der TAB-Arbeitsbericht Nr. 166 »Neue elektronische Medien und Suchtverhalten« wurde im September 2015 abgeschlossen und wird nach Abnahme durch den ABFTA veröffentlicht.

#### KONTAKT

Michaela Evers-Wölk  
Prof. Dr. Michael Opielka  
+49 30 803088-0  
m.evers-woelk@izt.de



# HORIZON-SCANNING: ROBOTERTECHNOLOGIEN FÜR EINE ALTERNDE GESELLSCHAFT

Der demografische Wandel stellt unsere Gesellschaft vor große Herausforderungen. Niedrige Geburtenraten und eine sich verlängernde Lebenszeit (»life expectancy«), die nicht immer mit einer auch länger in Gesundheit verbrachten Lebenszeit korrespondiert (»health expectancy«), setzen die sozialen Sicherungssysteme der meisten Industrienationen unter Kosten- und Effizienzdruck. Neben politischen Reformmaßnahmen, die auf eine nachhaltige Umgestaltung der Daseinsvorsorge abzielen, werden Hoffnungen in technologische Lösungen gesetzt, die vor allem im Anwendungsfeld Gesundheit ein möglichst selbstbestimmtes und selbstständiges Leben im Alter unterstützen sollen.

Mithilfe eines Horizon-Scannings wird im Zuge des TA-Projekts zum Thema »Mensch-Maschine-Entgrenzungen« analysiert, welche Funktionen Technologien im Bereich Robotik und Neurotechnologien in einer alternden Gesellschaft tatsächlich erfüllen können und welche gesellschaftlichen, ethischen, rechtlichen und politischen Fragestellungen durch sie aufgeworfen werden. Dazu verfolgt das Team der VDI/VDE-IT einen hypothesengeleiteten und durch Experteninterviews gestützten Untersuchungsansatz. Zur Generierung und Validierung der Hypothesen werden aktuelle Texte (z. B. wissenschaftliche Studien, Artikel aus den Leitmedien der gedruckten Presse, populärwissenschaftliche Fachzeitschriften und Blogbeiträge) qualitativ ausgewertet, indem relevante Textabschnitte softwaregestützt nach einem detaillierten Schlagwortsystem codiert werden. In einer anschließenden Auswertung werden Mehrfachcodierungen untersucht, um so Querbezüge zwischen einzelnen Aspekten des Themas Mensch-Maschine-Entgrenzung im Anwendungsfeld »Gesundheit im demografischen Wandel« zu identifizieren. Diese Querbezüge geben Hinweise auf schwache Signale, die für neue Entwicklungen stehen. Mit Blick auf das Technologiefeld Robotik werden im Folgenden erste Ergebnisse des Horizon-Scannings vorgestellt.

## FUNKTION VON ROBOTERN IN DER PFLEGE

Mit der Entwicklung von Robotern im Pflegebereich werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt: die Entlastung des

medizinischen und pflegerischen Personals bzw. pflegender Angehöriger sowie die Erhöhung der Autonomie von Patienten, Pflegebedürftigen und gesundheitlich beeinträchtigten Menschen, indem diese bei der Bewältigung von bestimmten Aufgaben technisch unterstützt werden. Eine Unterstützung des Personals ist beispielsweise dann gegeben, wenn bei körperlich belastenden Tätigkeiten – etwa dem Heben eines Patienten aus dem Bett – Hilfe zur Verfügung gestellt wird.

Obwohl in den Medien immer wieder der Eindruck erzeugt wird, Roboter würden in den nächsten Jahren ein breites Spektrum an menschlichen Fähigkeiten ausüben können und deshalb auch weitreichende Aufgaben in der Produktion, im Privathaushalt und nicht zuletzt in der Pflege übernehmen, haben es nach jetzigem Stand des Horizon-Scannings bis heute nur sehr wenige robotische Systeme zur Marktreife gebracht, und diese sind zum Großteil auch nur in Japan bzw. im asiatischen Raum im Einsatz.

## DER SERVICEROBOTER HOSPI UND DER SOZIALE ROBOTER PARO

Zwei Systeme, die exemplarisch für in der Pflege verwendete Serviceroboter (Roboter, die Dienstleistungen für den Menschen erbringen) und soziale Roboter stehen (Roboter, deren Hauptfunktion die soziale Interaktion mit Menschen ist) und den tatsächlichen

Entwicklungsstand gut illustrieren, sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden. Bei der Darstellung von HOSPI ist zu beachten, dass die verwendeten Informationen fast ausschließlich auf den Hersteller selbst zurückgehen und nicht von unabhängiger Seite bestätigt werden können.

## HOSPI – ROBOTER ZUR ENTLASTUNG DES KLINIKPERSONALS

HOSPI ist ein Roboter der Firma Panasonic, der das Krankenhauspersonal beim Transport von Krankenakten, medizinischen Laborproben und Medikamenten unterstützt und die Anmutung eines rollenden Containers mit aufgesetztem Bildschirm hat. Eine erste Version von HOSPI war bereits 2004 am Markt verfügbar, verkaufte sich zum damaligen Zeitpunkt aufgrund der hohen Anschaffungskosten jedoch nur zweimal in Japan.

Nach erfolgreichen Tests mit der zweiten Generation von HOSPI, die im Jahr 2010 im Matsushita Memorial Hospital in Osaka durchgeführt wurden, gab Panasonic auf der International Robot Exhibition (iREX) im Jahr 2013 bekannt, HOSPI erneut kommerziell anzubieten. HOSPI kann laut Hersteller nunmehr für 100.000 US-Dollar käuflich erworben werden. Die Anschaffung der Infrastruktur, die das Krankenhaus benötigt, um HOSPI einsetzen zu können, erfordere die Investition einiger weiterer 100.000 Dollar. Dieser Investition stünden jedoch mögliche Zeitersparnisse bei der Beschaffung unterschiedlicher, für den klinischen Betrieb wichtiger Objekte (Medikamente, Akten, Laborprobe etc.) in Höhe von bis zu 30 % gegenüber.

HOSPI wiegt 170 kg mit Batterie und soll Lasten bis zu 20 kg transportieren können. Der etwa 1,40 m große Roboter soll sich mithilfe von WLAN Access Points und mehrerer Sensoren im gesamten Krankenhaus selbststän-

dig fortbewegen können. Treppen steigen kann er zwar nicht, dafür aber offenbar eigenständig den Fahrstuhl benutzen und Hindernissen ausweichen. Die Steuerung basiert auf vorprogrammierten Kartendaten, die beliebig ergänzt werden können, wenn beispielsweise Gebäudeteile verändert werden oder neu hinzukommen.

Trotz des postulierten betriebswirtschaftlichen Nutzens sind nach bisherigem Kenntnisstand nur neun HOSPIs weltweit im Einsatz: fünf im Matsushita Memorial Hospital in Osaka, wo auch die Testphase stattfand (Stand Mai 2014), und vier im Probetrieb im Changi General Hospital in Singapur.

## PARO – SOZIALE INTERAKTION MIT DER ROBOTERROBBE

Paro ist ein sozialer Roboter, der dem Jungtier einer Sattelrobbe ähnelt und für den Einsatz in Pflegeeinrichtungen vom japanischen National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) 1993 entwickelt wurde. Er erfreut sich einer hohen Akzeptanz bei Demenzpatienten. Paro ist »intelligent« und kann sich beispielsweise merken, wie oft und von wem er gestreichelt wurde, und entsprechend reagieren. Paro wurde auf Grundlage von Erkenntnissen aus der tiergestützten Therapie und den damit verbundenen Herausforderungen (Einsatz von Tieren im klinischen Umfeld) entwickelt, um dem Bedürfnis dementer Personen nach Zuwendung und Fürsorge zu begegnen. In begleitenden Untersuchungen haben sich vor allem psychologische (beruhigende und stimulierende Effekte), physiologische (verbesserte Vitalsignale wie eine regelmäßige Atmung) und soziale (gesteigerte Interaktion zwischen pflegebedürftigen Personen und Pflegepersonal) Effekte gezeigt. Durch die begrenzten Funktionalitäten von Paro, die sich auf Bewegungen der Flossen und Mimik beschränken, ist

es gelungen, ein kostengünstiges System zu entwickeln, das gleichzeitig gute therapeutische Effekte erzielt (Stimulierung und Beruhigung von Patienten).

Schätzungen zufolge wird der 5.000 Euro teure Paro in Deutschland derzeit vorwiegend zur Therapie demenzkranker Menschen in bis zu 100 Pflegeeinrichtungen eingesetzt. Neben dem Kauf können Pflegeeinrichtungen den Roboter nach Absolvierung eines Anwendertrainings auch mieten oder leasen. Paro ist damit eines der wenigen robotischen Systeme, die tatsächlich in der Pflege in Deutschland zum Einsatz kommen.

## GRÜNDE FÜR DIE GERINGE VERBREITUNG VON PFLEGEROBOTERN

Der zentrale Grund für die geringe Verbreitung von Pflegerobotern ist, dass bisher kaum ausgereifte Systeme zur Verfügung stehen. Nach jetzigem Stand der Technik können existierende Systeme nur sehr einfache, routinemäßige Aufgaben in der Gesundheits- und Krankenpflege übernehmen, und selbst dies setzt die Bewältigung einiger nicht trivialer technischer Herausforderungen voraus (Sicherheit für die interagierenden Menschen, autonome Navigation und Steuerung in Gebäuden über mehrere Ebenen). Das Beispiel des japanischen Serviceroboters HOSPI verdeutlicht diese Problematik.

Anspruchsvollere pflegerische Aufgaben, wie beispielsweise pflegebedürftige Menschen durch gutes Zureden und mithilfe von Empathie zur Einnahme von Medikamenten oder zur Aufnahme von Nahrung zu bewegen, können Pflegeroboter dagegen noch nicht übernehmen. Um dies zu erreichen, müssten Roboter über menschenähnliche sprachliche und körpersprachliche Fähigkeiten verfügen. Dies ist bisher jedoch eine ungelöste Entwicklungs-

aufgabe. Fraglich ist überdies, ob die Automatisierung zwischenmenschlicher Aufgaben von Pflegepersonen und pflegebedürftigen Menschen überhaupt akzeptiert und gewünscht wird.

Neben den erwähnten finanziellen und technischen Aspekten sowie der Frage der Akzeptanz könnten zwei weitere Gründe für die geringe Verbreitung der humanoiden Robotertechnologie in der Pflege – speziell in Deutschland – ausschlaggebend sein: Zum einen gibt es in Deutschland keine großen Marktakteure wie Honda, Panasonic oder Toshiba, die Serviceroboter für den Alltag oder auch für Heimanwender entwickeln und dabei von ihren Stärken im Bereich Unterhaltungselektronik profitieren können. Zum anderen wurde in der deutschen Forschungspolitik mit der Stärkung der ambienten Technologien (»ambient assisted living« [AAL]) ein grundsätzlich anderer Forschungspfad eingeschlagen.

Anstatt alle Funktionen in einer mobilen und weitgehend autarken Zentraleinheit wie dem Roboter zusammenzufassen, beschreibt die Vision des AAL die Integration von Unterstützungsfunktionen in die »natürliche« Umwelt der Pflegebedürftigen; die jeweiligen technischen (und hochintegrierten) Komponenten kommunizieren dabei miteinander in einer digitalen Infrastruktur (Internet, verschiedene Datenübertragungssysteme). Wenn hierbei von »Umwelt« die Rede ist, sind damit im Regelfall Gebäude bzw. Wohnungen oder auch Verkehrsinfrastrukturen gemeint. AAL hat damit unweigerlich Überschneidungen zu Themen wie Gebäudeautomation/Domotik und »Smart Home«.

Tatsächlich kommt in dem Konzept des AAL die besondere wissenschaftlich-technische und auch industrielle Stärke Deutschlands als einer der führenden Maschinenbaunationen zum Ausdruck. In diesem Sektor spielt die Automati-

sierungstechnik eine zentrale Rolle, die wiederum von Systemtechnologien wie der Mikrosystemtechnik abhängt. Komplementär dazu ist Deutschland zwar mit Blick auf PCs und »Endnutzersoftware« keine maßgebliche produzierende Nation, wohl aber im Bereich eingebettete Systeme (»embedded systems«), also jenen Steuereinheiten, die auch in einfachen technischen Geräten für die benötigte Fähigkeit zur Verarbeitung von Daten und somit für deren Systemfähigkeit sorgen.

Inzwischen wurde das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung stark geförderte AAL zum Förderschwerpunkt »Mensch-Technik-Interaktion – MTI« mit besonderem Bezug zum demografischen Wandel weiterentwickelt. Bisher sind im Rahmen des Förderschwerpunkts keine Bekanntmachungen lanciert worden, die einen expliziten Bezug zur Robotik auf-

weisen. Im Vordergrund der Förderung stehen auch hier wieder technische Unterstützungssysteme für unterschiedliche Anwendungsfelder im demografischen Wandel (u. a. Arbeit, Mobilität, Pflege, Intensiv- und Palliativpflege).

### AUSBLICK: WEITERE ARBEITEN

Das Horizon-Scanning wird in den nächsten Arbeitsschritten am Beispiel ausgewählter Pflegeroboter noch stärker unter die Lupe nehmen, unter welchen Umständen (beispielsweise Einbeziehung anderer Disziplinen in die Entwicklung wie Pflegewissenschaften, Ethik, Rechtswissenschaft; partizipative Entwicklung durch Mitwirkung von Anwendern etc.) und mit welchen Zielvorgaben diese entwickelt werden, um daraus Rückschlüsse auf ihr Markt- und Anwendungspotenzial zu ziehen.

Grundsätzlich wird angenommen, dass die seit Kurzem zu beobachtende Wende in der Roboterentwicklung weg von der Laborentwicklung hin zu mehr partizipativen Ansätzen (Einbeziehung von Pflegekräften, Patienten, Krankenkassen; Unterstützung der Ingenieure durch Forscher aus nichttechnischen Disziplinen wie Sozialwissenschaften, Ethik, Pflegewissenschaften) zu Systemen führt, die auf mehr Akzeptanz bei Anwendern und Patienten stoßen. Eine Einbeziehung der Krankenkassen ist zudem von Vorteil, um frühzeitig Fragen der Finanzierung der Systeme zu erörtern.

#### KONTAKT

Simone Ehrenberg-Silies  
+49 30 310078-187  
[simone.ehrenberg-silies@vdivde-it.de](mailto:simone.ehrenberg-silies@vdivde-it.de)

## EPTA-COUNCIL UND -KONFERENZ IN PARIS AM 23./24. SEPTEMBER 2015

TAB-BRIEF NR. 46 / NOVEMBER 2015



Als Highlight der diesjährigen französischen Präsidentschaft des European Parliamentary Technology Assessment Network (EPTA-Netzwerks) fand in den Räumen der »Assemblée nationale« des französischen Parlaments in Paris eine hochkarätig und international besetzte Konferenz statt. Sie stand unter dem Motto »Innovation and Climate Change: the Role of Scientific and Technological Assessment«. Da in großer thematischer und zeitlicher Nähe ebenfalls in Paris Anfang Dezember die 21. UN-Klimakonferenz stattfinden wird (21. Conference of the Parties [COP 21]), hatte der amtierende EPTA-Präsident, der Abgeordnete Jean-Yves Le Déaut, die Chance ergriffen, die EPTA-Konferenz als Veranstaltung der COP 21 akkreditieren zu lassen. In Vorbereitung dazu wurde von den EPTA-Mitgliedsinstitutionen ein gemeinsames »Green Paper« erstellt, das zusammen mit politikrelevanten »Conclusions« der EPTA-Konferenz den Verhandlungsdelegationen der COP 21 als Hintergrundmaterial zur Verfügung gestellt werden wird.

Der EPTA-Beitrag zur COP 21 befasst sich mit vier Themenbereichen: 1. Energieeffizienz im Gebäudebereich, 2. Transport und Mobilität, 3. Landwirtschaft, Ernährung und Umwelt sowie 4. Beteiligung von Bürgern. Diese Themenbereiche wurden ausgewählt, da sie als besonders relevant für die Erreichung der klimapolitischen Ziele eingeschätzt wurden und da die EPTA-Partner aufgrund einer Vielzahl von durchgeführten Projekten eine beachtliche Expertise vorweisen können.

Daher war auch die Konferenz in vier entsprechende Themenblöcke gegliedert. Diese wurden im Format einer öffentlichen Parlamentsanhörung behandelt, mit einer Vielzahl von kurzen Statements und anschließender Diskussion. Etliche europäische Parlamente hatten Vertreter entsandt: Deutschland war prominent mit der Vorsitzenden des Bundestagsausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung, Patricia Lips, vertreten. Daneben waren Abgeordnete aus Großbritannien, Spanien, Italien, Österreich, Norwegen, Dänemark, Finnland, Schweden, Litauen, dem Europäischen Parlament und natürlich eine Anzahl von Abgeordneten und Senatoren aus Frankreich anwesend. Darüber hinaus waren prominente Wissenschaftler, allen voran der Nobelpreisträger Jean Jouzel (2007 mit dem IPCC) und Laurence Tubiana, die Botschafterin und wissenschaftliche Repräsentantin Frankreichs bei der COP 21, sowie Vertreter wissenschaftlicher Organisationen vor Ort (vorwiegend aus Frankreich: u. a. ADEME, ANR, CEA, CNRS, ESA, INRA). Auch etliche Unternehmen und NRO hatten Abgesandte geschickt.

Ebenso vielfältig wie das Auditorium war das Themenspektrum zusammengesetzt. So gab es beispielsweise Kurzvorträge zu »Wie tragen Innovationen zu energieeffizienter Renovierung bei?«, »Innovationen, um Kohlenstoff im Erdboden zu binden«, »Sonne zu Öl: Kann Kohlenstoff durch die Umwandlung von CO<sub>2</sub> gespeichert werden?«, »Mobilität und soziale Innovation.

Die Auswirkungen des Wandels vom Besitzen zum Nutzen«, »Kann Information, Training und Bildung die Gewohnheiten von Menschen ändern?« und »Der Beitrag der kreativen Ökonomie«. Bei dieser Vielfalt an Inputs ist es nicht verwunderlich, dass die Zusammenfassung der Ergebnisse der Diskussionen, die gegenwärtig von der EPTA-Präsidentschaft erstellt und an die COP 21 übermittelt werden wird, keine einfachen Botschaften enthalten kann, sondern auf viele Möglichkeiten in den verschiedenen Sektoren hinweisen wird, wie technologische und soziale Innovationen zur Erreichung der Klimaziele beitragen können.

Am Rande der Konferenz wurde ein höchst erfreuliches Ereignis begangen: Die Einrichtung zur Technikfolgenabschätzung am französischen Parlament OPECST feiert in diesem Jahr ihren 30. Geburtstag – Toutes nos félicitations! Nur um wenig jünger ist die TA am Deutschen Bundestag, und die Ausschussvorsitzende Frau Lips hatte die Ehre, die Anwesenden zu den Feierlichkeiten anlässlich des 25. Geburtstages im Dezember nach Berlin einzuladen.

Turnusgemäß wird nächstes Jahr Österreich die EPTA-Präsidentschaft übernehmen, sodass sich die TA-Community schon heute auf die nächste EPTA-Konferenz im Herbst 2016 in Wien freuen kann.

### KONTAKT

Dr. Reinhard Grünwald  
+49 30 28491-107  
gruenwald@tab-beim-bundestag.de

# SYNTHETISCHE BIOLOGIE IM FOKUS DER INTERNATIONALEN TA

Bereits seit längerer Zeit erregt die Synthetische Biologie (s. Schwerpunkt) auch international das Interesse der TA-Forschung. Ähnlich wie in Deutschland setzten entsprechende Aktivitäten mit beginnender Konsolidierung des Forschungsfeldes in der zweiten Hälfte der 2000er Jahre ein, insbesondere in den USA sowie der Europäischen Union. Im Folgenden werden beispielhaft unterschiedliche Herangehensweisen internationaler TA-Aktivitäten zur Synbio vorgestellt.

In den USA, wo bislang die umfangreichste staatliche Unterstützung der Synbio-Forschung erfolgt, spielt die TA- bzw. Begleitforschung seit Langem eine wichtige Rolle. Zwar werden nur etwa 1 % der öffentlichen Förderung für die Erforschung der ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekte (ELSA) der Synbio aufgewendet, das entspricht ca. 8 Mio. US-Dollar seit 2006. Doch darf nicht übersehen werden, dass auch private Förderer eine wichtige Rolle spielen. Beispielsweise hat die Alfred P. Sloan Stiftung bis 2014 allein fast 10 Mio. US-Dollar für Projekte zur Untersuchung von Risiken und ELSA der Synbio ausgegeben – darunter das umfangreiche »Synthetic Biology Project« des Woodrow Wilson International Center for Scholars (WWICS), das seit 2008 die öffentliche Wahrnehmung sowie politische Gestaltungsmöglichkeiten der Synbio untersucht.

Wie bereits bei der Entschlüsselung des menschlichen Genoms ist ein großer Teil der öffentlich geförderten TA-Forschung in den USA institutionell unmittelbar an die Synbio-Forschungstätigkeit angebunden. Unter dem Namen »Policy and Practices« werden im Rahmen des nationalen Forschungszentrums Synberc Fragen der Sicherheit, der Regulierung, der Patentierung sowie der Ausbildung interdisziplinär, insbesondere unter Einbeziehung von Sozialwissenschaftlern, untersucht. Dieses Vorbild wurde auch im iGEM-Wettbewerb aufgegriffen. In diesem globalen Synbio-Wettbewerb können die studentischen Teams nur dann höhere Auszeichnungen erlangen, wenn sie im Zuge ihrer Synbio-

Projekte auch Fragen der Ethik, der Nachhaltigkeit, der sozialen Gerechtigkeit oder des Einflusses auf die Umwelt bearbeitet haben, idealerweise in Auseinandersetzung mit der Öffentlichkeit. Auf diese Weise sollen Nachwuchsforscher bereits früh mit einer Denkweise vertraut gemacht werden, die die Grenzen des eigenen Labors bewusst überschreitet.

Größere Anstrengungen zur Beteiligung der Öffentlichkeit am Diskurs über Synbio, wie es sie in Großbritannien mit dem »Synthetic Biology Dialogue« gab, wurden in den USA bislang nicht unternommen. Allerdings haben verschiedene Wissenschaftsmuseen damit begonnen, Experimente und Diskussionsmaterialien zum Thema Synbio zu entwickeln, die landesweit zum Einsatz kommen sollen. Auch wurde die Bearbeitung von TA-Fragen nicht in einer Form institutionell gefestigt, wie es beispielsweise beim Thema Nanotechnologie durch Gründung eigenständiger Zentren für Nanotechnologie in der Gesellschaft der Fall war, die seit 2005 von der National Science Foundation (NSF) gefördert werden. Stattdessen lässt sich beobachten, dass z. T. Synbio-Unternehmen selbst den Dialog mit der Bevölkerung suchen, um Fragen der Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit ihrer Produkte zu diskutieren. Ein Beispiel dafür ist das Unternehmen Solazyme, dessen synthetisch-biologischer, durch Algen produzierter Ersatz für Palmöl Gegenstand einer Kampagne von Umweltschutzorganisationen wurde. Das Unternehmen suchte den Dialog mit der Öffentlichkeit und entwickelte einen Nachhaltigkeitsplan.

## NIEDERLANDE UND GROSSBRITANNIEN

Auch in Europa setzte die Diskussion über die möglichen Auswirkungen der Synbio bereits früh im Zuge der Konsolidierung des Forschungsfeldes ein. Während ein Bericht der High-level Expert Group für »New and Emerging Science and Technology« der Europäischen Kommission 2005 ethische Aspekte am Rande erwähnte, aber durchaus als relevant einstufte, veröffentlichte bereits ein Jahr später das Rathenau-Institut als zentrale niederländische TA-Institution eine Stellungnahme zur Synbio aus TA-Perspektive. Insbesondere in den Niederlanden und in Großbritannien, aber auch in Österreich und der Schweiz folgten Projekte und Veranstaltungen von TA-Institutionen zur Synbio.

In den Niederlanden führte das Rathenau-Institut mehrere Projekte zur Synbio durch, darunter die Koordination des Projekts »Making Perfect Life« für das STOA, die TA-Einrichtung des Europäischen Parlaments (2010 bis 2012). Eine Besonderheit der Aktivitäten sind viele öffentliche Diskussionsveranstaltungen, die Synbio-Forschende bzw. iGEM-Teilnehmer aus den Niederlanden mit der Öffentlichkeit zusammenbringen. Beispielsweise wurden bei einem »Meeting of Young Minds« im Jahr 2011 jeweils sechs Nachwuchswissenschaftler und junge Politiker zu einer öffentlichen Podiumsdiskussion über gesellschaftliche Auswirkungen von Synbio-Anwendungen eingeladen. Zur Veranschaulichung möglicher Auswirkungen entwickelte das Rathenau-Institut außerdem kurze Szenarien, sogenannte »techno-moral vignettes«. Diese wurden zum Teil als Videoclips visualisiert und kommen bis heute bei öffentlichen Diskussionen zum Einsatz, beispielsweise bei den Onlinediskussionen des Wissenschaftsportals »Kennisklink.nl« ([www.kennisklink.nl/thema/synthetische-biologie](http://www.kennisklink.nl/thema/synthetische-biologie)).

Großbritannien ist bislang das einzige Land, in dem die Öffentlichkeit durch eine größere Dialogveranstaltung in Form eines Bürgerdialogs eingebunden wurde (s. den Schwerpunktbeitrag von S. Albrecht, S. 13 ff.). Die Veranstaltung wurde 2010 von zwei Research Councils organisiert, den zentralen Forschungsförderungseinrichtungen in Großbritannien. Diese haben außerdem ihre Förderprogramme zur Synbio-Forschung so gestaltet, dass in größeren Verbänden jeweils Sozial- bzw. Geisteswissenschaftler eng eingebunden werden, um gemeinsam mit den Forschenden Fragen der Potenziale und Risiken ihrer Forschungsergebnisse zu reflektieren (beispielsweise wurde seit 2009 das Centre for Synthetic Biology and Innovation mit knapp 1 Mio. britischen Pfund pro Jahr gefördert, das eng mit dem Synbio-Exzellenzzentrum am Imperial College London zusammenarbeitet). Im Gegensatz zu einer reinen Begleitforschung sehen sich einige Sozialwissenschaftler dabei als »Mitwirkende« in dem Sinn, dass sie sich nicht mit den Folgen der Forschung befassen, sondern bereits bei der Formulierung von Fragestellungen beteiligt sind und die praktische Durchführung der Forschung mit beeinflussen können.

## EUROPÄISCHE UNION

Auf Ebene der Europäischen Union veröffentlichten Gremien wie die European Group on Ethics in Science and New Technologies to the European Commission (EGE) (2009), der European Academies Science Advisory Council (EASAC) (2010) sowie das EPTA-Netzwerk (2011) Stellungnahmen zur Synbio. TA-Aktivitäten in den Mitgliedstaaten wurden außerdem in europäischen Forschungs- und Kooperationsprojekten zusammengebracht, die zwischen 2005 und 2011 mit ca. 2,5 Mio. Euro einen Anteil von 10 % am Gesamtfördervolumen des 6. For-

schungsrahmenprogramms zur Synbio-Forschung hatten (das speziell auf ELSA ausgerichtete Begleitforschungsprojekt »SYNBIOSAFE« allein hatte einen Anteil von 1 %).

Derzeit wird die TA-Forschung zur Synbio als integraler Bestandteil entsprechender Forschungsprojekte gefördert. Das Modell ist als Umsetzung des Konzepts von »Responsible Research and Innovation« (RRI) zu verstehen, mit dem die Europäische Kommission dazu beitragen möchte, Forschung und Innovation an gesellschaftlichen Werten auszurichten – ähnlich dem britischen bzw. US-amerikanischen Ansatz einer Verankerung der TA-Perspektive innerhalb einzelner Forschungsprojekte bzw. -verbünde. Die Europäische Kommission fordert in ihren aktuellen Synbio-Ausschreibungen, dass die Projektanträge auch Vorschläge zur Berücksichtigung von Risiken sowie von Auswirkungen der Synbio in ethischer und sozialer Hinsicht, aber auch mit Blick auf Fragen des geistigen Eigentums beinhalten müssen. Allerdings bleibt die konkrete Ausgestaltung den Antragstellern freigestellt, die neben Fragen der verantwortungsvollen Forschung auch andere Erfolgskriterien der Ausschreibungen wie die industrielle Anwendbarkeit der Ergebnisse oder den Anspruch auf bahnbrechende Innovationen berücksichtigen müssen.

Eine weitere Komponente der Umsetzung von RRI im Feld der Synbio ist das von der EU geförderte Projekt »SYNENERGENE«, das sich mit etablierten TA-Methoden wie Expertenbefragungen, aber auch mit unkonventionellen Ansätzen wie Filmfestivals und DIY-Bioworkshops Fragen der gesellschaftlichen Auswirkungen der Synbio widmet (s. den Schwerpunktbeitrag von S. Albrecht, S. 13 ff.). An dem Projekt sind mehr als 25 Partner beteiligt, darunter europäische TA-Institutionen wie das deutsche ITAS (als

Koordinator des Projekts), das niederländische Rathenau-Institut sowie das österreichische ITA, aber auch Universitäten, Experten für Wissenschaftskommunikation wie das European network of science centres an museums (Ecsite) sowie das WWICS aus den USA und die auf neue Technologien spezialisierte kanadische NRO ETC Group. Auch dieses Projekt ist keine rein begleitende TA-Forschung, sondern bezieht Synbio-Forschende und -Unternehmen, aber auch Vertreter aus Politik und Verwaltung gemeinsam mit anderen gesellschaftlichen Akteuren in Dialogveranstaltungen und andere Aktivitäten ein. Ein wichtiger Bestandteil des Projekts ist die Arbeit mit Nachwuchsforschern der Synbio, die durch »SYNENERGENE« im Rahmen des iGEM-Wettbewerbs an Fragen der gesellschaftlichen Auswirkungen und der ethischen Bedeutung der Synbio herangeführt werden.

Ebenfalls TA-relevant ist nicht zuletzt die Arbeit der unabhängigen wissenschaftlichen Kommissionen der Europäischen Kommission zur Synbio. 2013 wurden drei dieser Beratungseinrichtungen, das Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS), das Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER) und das Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), um Stellungnahmen zu drei Fragenkomplexen gebeten, die sich auf die Eingrenzung und Definition der Synbio, die Methodologie und Sicherheit der Synbio und Forschungsprioritäten in Bezug auf Gesundheitsrisiken beziehen. Zur Bearbeitung dieser Fragen wurden neben Expertenbefragungen auch öffentliche Konsultationen durchgeführt. Die ersten beiden Stellungnahmen wurden inzwischen verabschiedet, die Antwort auf die Frage nach den Forschungslücken in Bezug auf Gesundheitsgefahren befindet sich nach Abschluss der Konsultation noch in Bearbeitung.

# NEUE VERÖFFENTLICHUNGEN

## SYNTHETISCHE BIOLOGIE – DIE NÄCHSTE STUFE DER BIO- UND GENTECHNOLOGIE

A. Sauter, S. Albrecht, D. van Doren, H. König, T. Reiß, R. Trojok, unter Mitarbeit von S. Elsbach  
TAB-Arbeitsbericht Nr. 164

Seit gut zehn Jahren werden mit dem Begriff »Synthetische Biologie« (kurz Synbio) Forschungsvorhaben, Methoden und Verfahren zu einem »Umbau« natürlicher Organismen bezeichnet, der weiter geht, als es bislang mithilfe der Gentechnik möglich war. Perspektivisch wird die Schaffung (komplett) künstlicher »biologischer« Systeme (Synbio i. e. S.) anvisiert, deren praktische Nutzung allerdings noch in weiter Ferne liegt und daher in den kommenden Jahren wenig gesellschaftliche und politische Relevanz entfalten dürfte. Ganz anders ist dies bei der Synbio i. w. S. – verstanden als nächste Stufe der Bio- bzw. Gentechnologie, wozu insbeson-

dere auch die in jüngster Zeit entwickelten Methoden des sogenannten Genome Editing (u. a. CRISPR/Cas) gehören. Durch die zunehmend einfachen und schnelleren Möglichkeiten der gezielten molekularbiologischen Ver-

änderung bekannter Organismen ist in den nächsten Jahren mit einer großen Zahl von Anwendungen bei Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren zu rechnen. Wie erwartet, hat im Herbst 2015 die Debatte über eine verantwortungsvolle Anwendung und notwendige Regulierung der Gentechnik an Fahrt aufgenommen. Der TAB-Bericht bietet eine umfassende Darstellung zum Stand von Forschung, Entwicklung und Anwendung, zu Sicherheits- und Governancefragen der Synbio sowie ein ausführliches Porträt von Akteuren und Perspektiven der Do-it-yourself-Biologie. Er ordnet die Debatten über die Potenziale und Perspektiven der Synbio in größere wissenschafts-, forschungs- und innovationspolitische Kontexte ein und arbeitet zentrale Zukunftsfragen und Handlungsfelder heraus – u. a. im Bereich der Biosicherheitsforschung sowie mit Blick auf die Erweiterung der Akteurskreise bei der Planung und Durchführung von Forschungsprogrammen und -vorhaben.



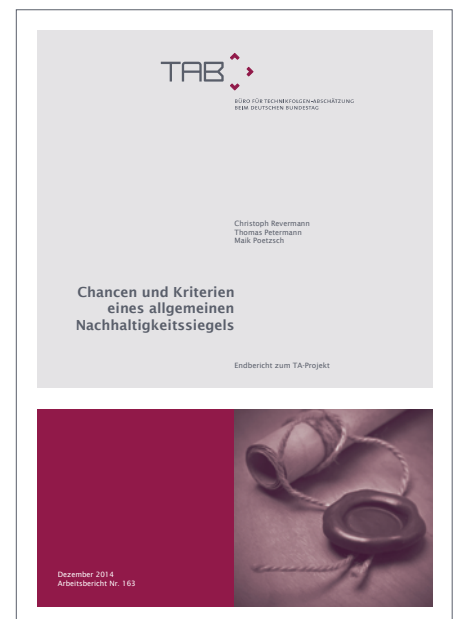
## CHANCEN UND KRITERIEN EINES ALLGEMEINEN NACHHALTIGKEITSSIEGELS

C. Revermann, T. Petermann, M. Poetzsch  
TAB-Arbeitsbericht Nr. 163

Die Orientierung des Konsumverhaltens an ökologischen und sozialen Kriterien bedeutet für die Verbraucher einen in der täglichen Praxis oftmals nicht zu leistenden Informationsaufwand, weil die Nachhaltigkeit eines Produkts nicht unmittelbar erkennbar ist. Gefordert wird daher vielfach eine Produktkennzeichnung mit einem übergreifenden »Siegel«, das möglichst alle Kriterien der Nachhaltigkeit berücksichtigt und zugleich die Konsumenten am Verkaufsort zuverlässig und klar informiert. Im TAB-Bericht wird eruiert, ob ein solches »allgemeines Nachhaltigkeitssiegel« sinnvoll sein könnte, um so die Nachhaltigkeitseigenschaften von Produkten und Produktionsprozessen schnell, transpa-

rent und verständlich kommunizieren zu können. Verdeutlicht wird, dass die Implementierung eines solchen Siegels gelingen könnte, wenn eine hohe Marktdurchdringung erreicht, genügend Anreize für die Entwicklung nachhaltigerer Produkte und Dienstleistungen gesetzt und somit sowohl die Bedürfnisse der Konsumenten als auch der Produzenten bedient werden. Klar ist aber auch, dass sich in der Praxis die Umsetzung schwierig gestalten wird, da Restriktionen finanzieller und organisatorischer Art sowie unterschiedliche Akteursinteressen der Verwirklichung eines idealtypischen Siegels entgegenwirken und Kompromisse verlangen. Deshalb wird beleuchtet, was genau ein solches Siegel abzubilden hätte, welche Kriterien es erfüllen müsste, welche Indikatoren ihm zugrunde lägen und welche konzeptionellen Umsetzungsstrategien am zielführendsten sein könnten. Zudem wird der Frage nach eventuell notwendigen neuen Rechtsetzungen oder -konkretisierungen

auf nationaler und/oder EU-Ebene nachgegangen. Schließlich werden mögliche politische Gestaltungs- bzw. Regulierungsoptionen und -instrumente identifiziert, die hier von Relevanz sein könnten.



## MODERNE STROMNETZE ALS SCHLÜSSELELEMENT EINER NACHHALTIGEN ENERGIEVERSORGUNG

R. Grünwald

TAB-Arbeitsbericht Nr. 162

Gegenwärtig befindet sich das deutsche Energiesystem in einem Umbruchprozess historischen Ausmaßes. Bis 2030 sollen erneuerbare Energien etwa die Hälfte und bis 2050 mindestens 80 % des Strombedarfs decken. Dies stellt teilweise völlig neue Anforderungen an die Stromnetze, sodass aktuell ein erheblicher Handlungsdruck erwachsen ist, die Netze aus- bzw. umzubauen sowie neue Betriebskonzepte zu entwickeln, damit eine zuverlässige und sichere Stromversorgung auch weiterhin gewährleistet werden kann.

Der TAB-Bericht gibt einen breiten Überblick über den Stand des Wissens und der Diskussion zu vielen der mit

dem Aus- und Umbau der Stromnetze verbundenen Fragestellungen. Dazu gehören neben dem Umfang des Aus- und Umbaubedarfs die Identifikation von modernen Technologien und Betriebsweisen für Stromnetze sowie die Beschreibung ihres Entwicklungsstands bzw. Forschungs- und Entwicklungsbedarfs. Da eine Fokussierung allein auf technologische Aspekte zu kurz greifen würde, wurde eine Reihe weiterer relevanter Einflussfaktoren und Themenbereiche in den Blick genommen. Dies betrifft zum einen ökonomische Aspekte, u. a. die Kosten und Nutzen des Einsatzes bestimmter Technologien, beispielsweise von sogenannten Smart Metern. Zum anderen werden aber auch Dimensionen der Folgewirkungen in den Blick genommen, insbesondere Datenschutzfragen in modernen Stromnetzen, die mehr und mehr mit Informationsnetzen verschmelzen (Smart Grid), sowie mögliche Auswirkungen auf die Umwelt bzw. die Gesundheit. Last but

not least werden Fragen der öffentlichen Beteiligung und der Akzeptanz des Baus von Stromtrassen thematisiert, die in letzter Zeit enorm an Bedeutung gewonnen haben.



## HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR KOMMUNIKATION UND BETEILIGUNG BEIM STROMNETZ-AUSBAU – EIN PRAXISHANDBUCH FÜR ABGEORDNETE

R. Grünwald, P. Ahmels,  
H. Banthien, K. Bimesdörfer,  
J. Grünert, C. Revermann

TAB-Hintergrundpapier Nr. 20

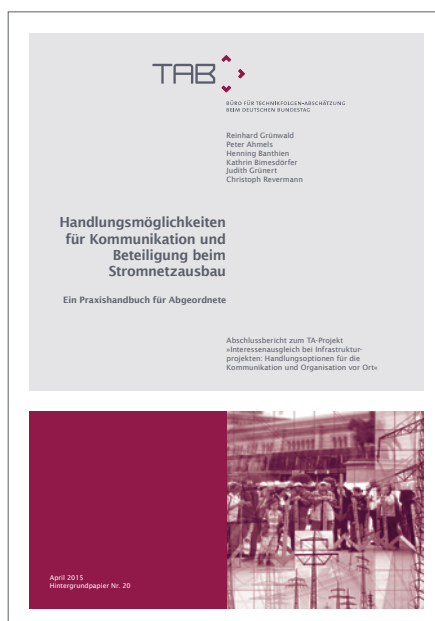
Aktuell sind in Deutschland ein weitreichender Umbau und eine Erweiterung des Stromnetzes im Gang. Hierbei treten immer wieder Konflikte vor Ort auf. Bürger lehnen neue Leitungen ab, gründen Bürgerinitiativen, organisieren Protest. Die Diskussionen werden sehr engagiert und emotional geführt. Bundestagsabgeordnete nehmen als Vermittler zwischen bundespolitischen Entscheidungen und den lokalen Ansprüchen eine Schlüsselrolle ein. Einerseits erwarten die Bürger von ihnen eine klare Positionierung

und eine aktive Rolle als Sachwalter ihrer Interessen. Auf der anderen Seite gehen die Betreiber der Übertragungsnetze davon aus, dass die Politik die

gefassten Beschlüsse rechtfertigt und dafür einsteht, dass sie möglichst reibungslos umgesetzt werden können.

Das vorliegende TAB-Hintergrundpapier stellt wissenschaftliche Erkenntnisse und Praxiserfahrungen zu Kommunikation und Beteiligung beim Netzausbau zusammenfassend dar und gibt daraus folgernd Hinweise auf Handlungsmöglichkeiten für Kommunikationsstrategien und Beteiligungsverfahren. Mitglieder des Deutschen Bundestages, in deren Wahlkreisen Netzausbauvorhaben geplant sind, sollen auf diese Weise beim Umgang mit den daraus entstehenden Interessenkollisionen und Konflikten vor Ort unterstützt werden.

Das vorliegende Hintergrundpapier ist als Gemeinschaftswerk der DUH sowie der IFOK und dem TAB entstanden.





# DIE »STUDIEN DES BÜROS FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG«

verlegt bei edition sigma



*Christoph Kehl,*  
unter Mitarbeit von Arnold Sauter  
**Was kostet die Natur?**  
Wert und Inwertsetzung von  
Biodiversität

Der Erhalt der Biodiversität zählt neben dem Klimawandel zu den größten umweltpolitischen Aufgaben unserer Zeit. Denn eine intakte Natur sichert existenzielle Lebensgrundlagen – darunter gesunde Nahrung, sauberes Wasser oder fruchtbare Böden –, sie ist aber auch unerlässliche Ressource für viele Bereiche der aufkommenden Bioökonomie. Trotzdem verschwinden Jahr für Jahr weitere wertvolle Ökosysteme und seltene Arten unwiederbringlich von der Erde – hauptsächlich bedingt durch menschliche Aktivitäten. Eine Trendwende lässt sich nach Ansicht einer wachsenden Zahl von Experten nur erreichen, indem die biologische

Vielfalt nicht nur allgemein wertgeschätzt, sondern durch ökonomische Methoden auch konkret in Wert gesetzt wird. Dieser Band gibt einen umfassenden Überblick über Grundlagen, Stand und Perspektiven ökonomischer Instrumente zur Bewertung und Inwertsetzung der Biodiversität; er diskutiert ihre Reichweite und Grenzen sowie die Kontroversen um ökonomische Naturschutzansätze. Insbesondere mit Blick auf den internationalen Kontext wird dabei deutlich, dass der Schutz der Biodiversität mehr denn je eine politische Gesamtaufgabe ist, die nicht allein dem Markt überlassen werden sollte.

2015, 319 Seiten, kartoniert  
ISBN 978-3-8487-2064-4  
27,90 Euro

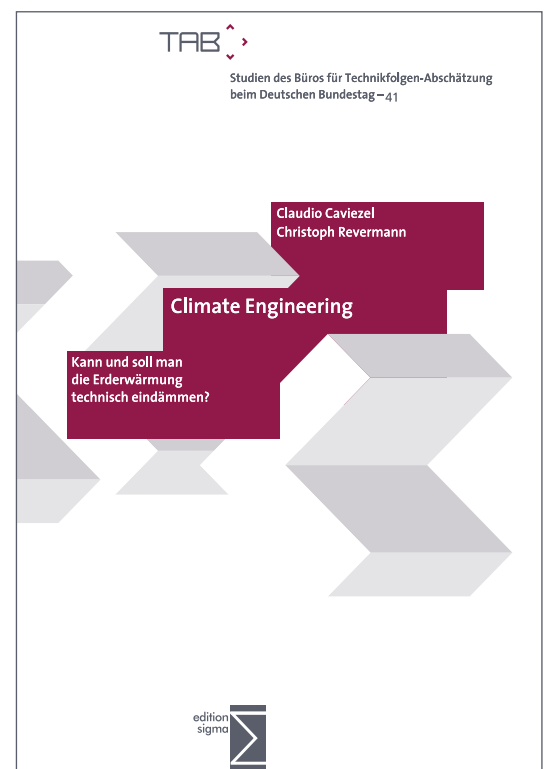
*Claudio Caviezel,*  
*Christoph Revermann*  
**Climate Engineering**

Kann und soll man die Erderwärmung  
technisch eindämmen?

Jahr für Jahr erreichen die CO<sub>2</sub>-Emissionen neue Rekordwerte – und das trotz der Selbstverpflichtung vieler Staaten, ihren Treibhausgasausstoß zu senken. Viele Experten bezweifeln inzwischen, ob dem Klimawandel durch Minderung von Emissionen noch wirksam begegnet werden kann. Und manche setzen ihre Hoffnung darauf, einer drohenden Klimakatastrophe durch andere Maßnahmen begegnen zu können: durch Instrumente des »Climate Engineering«. Sie zielen entweder darauf, CO<sub>2</sub> wieder aus der Atmosphäre zu entfernen und sicher zu deponieren, oder auf eine Abkühlung des Planeten durch Reduktion der Sonneneinstrahlung, die die

Erdoberfläche erreicht. Es gibt bereits Vorschläge, wie dies technisch realisiert werden könnte, und vereinzelt Pilotversuche, doch für alle Varianten ist klar: Eine erforderliche weiträumige Manipulation der natürlichen Erdsystemprozesse wäre mit enormen Auswirkungen für Mensch und Umwelt verbunden. Die Autoren dieses Bandes stellen die heute diskutierten technischen Verfahren vor, bewerten ihre Möglichkeiten und Gefahren und plädieren für eine politische und gesellschaftliche Debatte darüber, ob bzw. welche Ansätze weiter erforscht oder entwickelt und welche Risiken dafür eingegangen werden sollen.

2014, 336 Seiten, kartoniert  
ISBN 978-3-8360-8141-2  
29,90 Euro



## DIE »STUDIEN DES BÜROS FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG«

verlegt bei edition sigma

TAB-BRIEF NR. 46 / NOVEMBER 2015



Wolfgang Schade, Christoph Zanker, André Kühn, Tim Hettesheimer

### Sieben Herausforderungen für die deutsche Automobilindustrie

Strategische Antworten im Spannungsfeld von Globalisierung, Produkt- und Dienstleistungsinnovationen bis 2030

Die Automobilindustrie ist eine der erfolgreichsten Branchen in Deutschland. Mit ihren großen Forschungsbudgets leistet sie einen wichtigen Beitrag zu Innovation und technischer Entwicklung in Deutschland. Kann diese Bedeutung in Zukunft erhalten werden – trotz sich stark wandelnder Rahmenbedingungen? Und wie sollte sich die Automobilindustrie selbst wandeln? Getrieben durch die Anforderungen des Klimaschutzes, durch knapper werdende fossile Energieträger und die Dynamik auf außer-europäischen Wachstumsmärkten, insbesondere in China, muss sich die

Automobilindustrie sieben Herausforderungen stellen. Es geht dabei um die Effizienzsteigerung bei den Fahrzeugen, um die Entwicklung alternativer Antriebe, um die Premium- und Technologieführerpositionierung der Branche, um den Einstieg in Klein(st)fahrzeugkonzepte, um die synchrone Beherrschung von Fahrzeugplattformkonzept und Produktvielfalt, um die Erschließung der neuen Wachstumsmärkte und um den Einstieg in neue Mobilitätskonzepte. Dieses Buch beschreibt und quantifiziert Absatz-, Technologie- und Beschäftigungsszenarien bis 2030 und leitet daraus strategische Empfehlungen für die deutsche Politik und die Automobilindustrie ab.

2014, 250 Seiten, kartoniert  
ISBN 978-3-8360-8140-5  
22,90 Euro

## ZULETZT SIND IN DIESER REIHE EBENFALLS ERSCHIENEN

U. Riehm, K. Böhle  
**Post ohne Briefträger**

Sinkende Briefmengen und elektronische Postdienste als Herausforderungen für die Politik

2014, 168 Seiten, kartoniert  
ISBN 978-3-8360-8139-9, 17,90 Euro

A. Peters, W. Schade, M. Wietschel  
**Konzepte der Elektromobilität**

Ihre Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt

2013, 302 Seiten, kartoniert  
ISBN 978-3-8360-8138-2, 27,90 Euro

B. Beckert, U. Riehm  
**Breitbandversorgung, Medienkonvergenz, Leitmedien**

Strukturwandel der Massenmedien und Herausforderungen für Medienpolitik

2013, 262 Seiten, kartoniert  
ISBN 978-3-8360-8136-8, 24,90 Euro

## BESTELLUNG

Ich bestelle aus der Reihe »Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag«

Anzahl	Kurztitel oder ISBN	Ladenpreis

Name, Anschrift

Datum, Unterschrift

Senden Sie mir bitte unverbindlich schriftliche Informationen zum Verlagsprogramm.

edition sigma  
in der Nomos Verlagsgesellschaft

Leuschnerdamm 13  
10999 Berlin  
Tel. +49 30 623 23 63  
Fax +49 30 623 93 93  
verlag@edition-sigma.de

Der Verlag informiert Sie gern über die weiteren lieferbaren Titel der TAB-Schriftenreihe und über sein umfangreiches sozialwissenschaftliches Programm – natürlich kostenlos und unverbindlich. Ständig aktuelle Programminformationen auch im Internet: [www.edition-sigma.de](http://www.edition-sigma.de)

---

## IMPRESSUM

---

**REDAKTION**

Dr. Steffen Albrecht  
Dr. Arnold Sauter

---

**SATZ UND LAYOUT**

Marion Birner  
Brigitta-Ulrike Goelsdorf

---

**DRUCK**

Medienproduktion Schlesener GmbH,  
Teltow

---

Den TAB-Brief können Sie kostenlos per E-Mail oder Fax beim Sekretariat des TAB anfordern oder abonnieren. Er ist auch als PDF-Datei unter [www.tab-beim-bundestag.de](http://www.tab-beim-bundestag.de) verfügbar.

---

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet. Belegexemplar erbeten.

---

**TAB-BRIEF (PRINT)**

ISSN 2193-7435

**TAB-BRIEF (INTERNET)**

ISSN 2193-7443

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse in Fragen des technischen und gesellschaftlichen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Das TAB arbeitet seit 1990 auf der Grundlage eines Vertrags zwischen dem KIT und dem Deutschen Bundestag und kooperiert zur Erfüllung seiner Aufgaben seit 2013 mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Leipzig, dem IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH, Berlin, sowie der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin.

Leiter  
stellvertretende Leiter

Prof. Dr. Armin Grunwald  
Dr. Christoph Revermann  
Dr. Arnold Sauter



BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG  
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Neue Schönhauser Str. 10  
10178 Berlin

Fon +49 30 28491-0  
Fax +49 30 28491-119

[buero@tab-beim-bundestag.de](mailto:buero@tab-beim-bundestag.de)  
[www.tab-beim-bundestag.de](http://www.tab-beim-bundestag.de)