

# 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