

Gene-Drive – Vererbungsturbo in Medizin und Landwirtschaft

Öffentliche Tagung

Donnerstag · 26. Oktober 2017 · 11:00 bis 18:15 Uhr

Ignatz Bubis-Gemeindezentrum

Festsaal

Savignystraße 66

60325 Frankfurt am Main

Programm

Begrüßung	2
Peter Dabrock · Vorsitzender des Deutschen Ethikrates	2
Biologische Grundlagen und medizinische Anwendungspotenziale von Gene-Drives.....	5
Nikolai Windbichler · Imperial College London (UK)	5
Landwirtschaftliche Anwendungspotenziale von Gene-Drives	12
Marc F. Schetelig · Justus-Liebig-Universität Gießen; Fraunhofer IME, Gießen.....	12
Diskussion	17
Moderation: Ursula Klingmüller · Mitglied des Deutschen Ethikrates.....	17
Technikfolgenabschätzung	20
Arnim von Gleich · Universität Bremen	20
Zur öffentlichen Wahrnehmung des Genome-Editings	26
Julia Diekämper · Museum für Naturkunde, Berlin	26
Diskussion	32
Moderation: Sigrid Graumann · Mitglied des Deutschen Ethikrates	32
Umweltethische Perspektiven: Kann die gezielte Auslöschung einer Art gut und richtig sein?.....	40
Uta Eser · Büro für Umweltethik, Tübingen	40
Ökonomische Aspekte des Einsatzes von Gene-Drive	48
Justus Wesseler · Wageningen University & Research (NL).....	48
Gene-Drives – Rechtliche und rechtsethische Fragen heute und in Zukunft.....	54
Silja Vöneky · Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	54
Diskussion	62
Moderation: Carl Friedrich Gethmann · Mitglied des Deutschen Ethikrates.....	62
Podiumsdiskussion Wie sollte eine angemessene Governance-Strategie für Gene-Drives aussehen?.....	70
Moderation: Steffen Augsburg · Mitglied des Deutschen Ethikrates	70
Katja Becker · Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn.....	71
Joachim Schiemann · Julius Kühn-Institut, Quedlinburg.....	72
Mathieu Bangert · World Health Organization, Genf (CH).....	73
Christoph Then · Testbiotech e.V., München	75
Schlusswort.....	88
Peter Dabrock · Vorsitzender des Deutschen Ethikrates.....	88

Begrüßung

Peter Dabrock · Vorsitzender des Deutschen Ethikrates

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen des Deutschen Ethikrates, seien Sie herzlich willkommen zur Herbsttagung des Deutschen Ethikrates. Die Herbsttagungen des Ethikrates führen diesen immer außerhalb des traditionellen Sitzungs- und Tagungsortes, der bei uns Berlin ist. Wir sind froh und dankbar, dass wir heute in Frankfurt Station machen und in der Jüdischen Gemeinde zu Gast sein dürfen. Ich danke Professor Leo Latasch, dem Gemeindevorstandsmitglied und Mitglied des Deutschen Ethikrates, der die Brücke gebildet hat und uns die Möglichkeit gegeben hat, hier zu tagen. Vielen Dank, Herr Latasch, dass wir bei Ihnen Gast sein dürfen.

Frankfurt ist auch deswegen ein guter Ort, weil dies der Ort der Kritischen Theorie ist, zugleich das Zentrum der Finanzwirtschaft, ein Medien- und Wissenschaftsstandort, unter anderem einer großen Universität, aber auch des Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrums, und nicht zuletzt – davon haben sicher viele heute Morgen profitiert – ein internationaler und nationaler Verkehrsknotenpunkt. Thema Verkehr: Gene-Drive scheint hier gut zu passen.

Man kann nicht nicht kommunizieren, so lautet der erste Grundsatz der Kommunikationstheorie von Paul Watzlawick. Denn auch das Schweigen zu einer Sache, zu einem Angesprochenwerden ist nach Watzlawick eine Reaktion, die Reaktionen hervorruft. Es gibt sicher viele Situationen, in denen dieser Grundsatz aufgrund mangelnder Eingriffsmöglichkeit, fehlenden Bezuges zu einer Sache oder den anderen Kommunikationsteilnehmern übertrieben erscheint.

Wenn es aber um unser heutiges Thema geht, dann trifft dieser Watzlawick'sche Grundsatz ins Schwarze: Wenn es um Gene-Drive geht, kann man nicht nicht antworten. Wenn von Gene-Drive die Rede ist, folgen umgehend Beschreibungen wie Turbo-Evolution, genetische Kettenreaktion oder Vererbungsturbo. Mit dem lebenswissenschaftlichen oder biotechnischen Verfahren, das uns gleich erläutert werden wird, können oder sollen – schon das ist umstritten – die klassischen Vererbungsregeln außer Kraft gesetzt werden.

„Stell dir vor, es entweicht nur eine einzige mit Gene-Drive veränderte Fliege aus dem Labor in die Wildnis: Die Folge ist, dass alle Fliegen auf dem Planeten entsprechend verändert werden. Sie werden gelb, tragen ein Gift in sich oder werden ausgerottet.“

So malt die zivilgesellschaftliche Dachorganisation ETC [Action Group on Erosion, Technology and Concentration] die möglichen Konsequenzen des Gene-Drive aus. Unterstellt man, dass das eines Tages tatsächlich geschehen könnte, dann hätte man ein biowissenschaftliches Werkzeug zur Hand, das seinesgleichen sucht. Die erwähnte Nichtregierungsorganisation schätzt daher das Risikopotenzial des hinter dem Gene-Drive stehenden Verfahrens des Genome Editings, der Genomschere, als das einer genetischen Bombe ein. Sie werden dabei im Übrigen sekundiert durch die Geheimdienste in den USA. Demnach lassen die möglichen Wirkungen dieser Gene-Bombe die des Atomzeitalters weit hinter sich. Somit sei Gene-Drive nicht nur rücksichtslos, sondern läute das „Ende der Natur“ ein. Um dies zu verhindern, fordert die Organisation einen sofortigen Stopp nicht nur möglicher Freisetzung, sondern schon entsprechender Versuche.

Andere dagegen preisen das Verfahren als Erfüllung quasi technoreligiös anmutender Heilsversprechen: ein entscheidender Schritt im Kampf gegen Schädlinge in der globalen Landwirt-

schaft, um akuter Hungersnöte, aber auch der gemäß allerlei Prognosen zunehmenden Ernährungsengpässe Herr zu werden.

Oder: Gene-Drives sei ein wirksames Mittel im Kampf gegen Dengue-Fieber, Zika und Malaria – von Mücken übertragene Krankheiten, die jährlich circa 700 Millionen Menschen lebensbedrohlich betreffen und von denen allein durch Malaria 2015 über 500.000 Menschen ihr Leben lassen mussten, darunter viele noch ungelebte Leben von kleinen Kindern. Welch unendliches Leid für die Hinterbliebenen! Von den enormen volkswirtschaftlichen Schäden will man da gar nicht reden, aber man kann sie auch nicht unerwähnt lassen.

Heute sind wir hier, nicht obwohl, sondern weil dieses Thema noch nicht im Bewusstsein der Öffentlichkeit angekommen ist. Die vermeintliche Komplexität, die wenig Assoziation freisetzenden Labels (wer außerhalb der Fachcommunity kann etwas mit Gene-Drive, Genome Editing oder CRISPR/Cas anfangen?) und die damit offensichtlich geforderte Expertise stehen derzeit einer öffentlichen Aufmerksamkeitsgenerierung diametral entgegen. Das kann und darf nicht so bleiben, bevor irgendwo und irgendwann (wie es vom Deutschen Ethikrat beim Einsatz der Genschere zum möglichen Zwecke der Keimbahn-Intervention jüngst kritisch angemerkt wurde) Fakten gesetzt werden und dann die Weltgesellschaft der Wissenschaftsgemeinschaft und der Biotech-Industrie uneinholbar hinterrennt. Damit dies nicht passiert, muss das gewichtige Thema Gene-Drive aus der Aufmerksamkeitsschmuddelecke heraus.

Die Gruppe des Ethikrates, die diese Tagung vorbereitet hat und der ich dafür herzlich danken möchte, ist jedenfalls der Auffassung, dass es dazu ein immenses Spektrum an Orientierungs-

fragen gibt. Sachlich: Wie funktioniert Gene-Drive? Ist er wirklich so effektiv, wie von manchen befürchtet und von anderen erhofft? Oder treten doch mit solcher Regelmäßigkeit Mutationen an den Reparaturstellen des Genschnitts auf, dass der vermeintlich durchschlagende Effekt bald verpufft? Wäre dieses unfreiwillige Selbst-Auskreuzen ein systematisches Problem? Oder lässt sich das irgendwann umgehen?

Es besteht aber auch Orientierungsbedarf zwischen Analyse und Deutung: Wie sind die Risiken einzuschätzen? Was kann man gegen die Risiken auf technischer Ebene machen? Wird Gene-Drive als soziale Lösungsstrategie aus welchen Gründen auch immer vorgeschoben, obwohl alternative Handlungskonzepte vorliegen? Oder greifen diese Alternativen, beispielsweise ökologische Landwirtschaft, auf globalem Niveau, einschließlich der Forderung, den Fleischkonsum deutlich einzuschränken, nur in einer Idealwelt, aber kaum unter Realbedingungen?

Und normativer Orientierungsbedarf: Wie sind die unterschiedlichen ethischen Kriterien mit- und gegeneinander abzuwägen? Konkret, um aus der Vielzahl möglicher Abwägungskandidaten eine besonders provozierende Option zu wählen: Biodiversität versus Menschenleben, was hat Vorrang? Erkennbar kann dies keine einander ausschließende Alternative sein.

Umgekehrt kommen auch harmonistische Konzepte (wir müssen irgendwie alles berücksichtigen) an ihre Grenzen, weil man irgendwo Rechenschaft ablegen muss, an welchem Problem- punkt man einen Vorrang sieht.

Und wir haben Orientierungsbedarf in der Governance, also der Gestaltungsperspektive: Gibt es ein Abstufungsmodell, wie solche Risikoeinschätzungen und normativen Spannungen zusammengedacht werden können? Und welche

Rolle spielt dabei das in analogen Fällen immer wieder greifende Vorsorgeprinzip?

Zu diesen Distanz nehmenden Rückfragen der Ethik zählt auch die kritische Infragestellung einer neuen Methode, die Frage: Geht es eigentlich nur um die Risikoeinschätzung dieser Methode? Oder meint man eigentlich etwas anderes gemäß dem Motto: den Esel schlagen und den Herrn meinen? Hier geht es vielleicht darum, dass man die den Gene-Drive nutzen wollende Agro-, Bio- und Pharmaindustrie angreifen will, aber wenig Mittel findet und sagt: An *der* Stelle können wir aus allerlei Gründen zupacken, und es geht eigentlich um eine dahinterliegende allgemeine Frage nach der Wirtschaftsordnung.

Und schließlich: Welche Rolle spielen weltanschauliche Hintergründe? Religiöser Art, vermeintlich nicht religiöser Art, aber auch quer zu Fragen der Religion und Weltanschauung stehende Fragen nach allgemeinen Einstellungsmustern: Vertrete ich eher einen romantischen, einen kulturpessimistischen Lebenszugang oder bin ich ein fortschrittsbegeisterter Optimist?

Der für Provokation bekannte Pop-Philosoph Slavoj Žižek meinte kürzlich in der *Neuen Zürcher Zeitung*, zwei Typen philosophischen und ethischen Argumentierens identifizieren zu können: den kompromittierenden und den normalisierenden Typ. Der kompromittierende Typ stellt alles in Frage, geht Risiken ein, ist politisch unkorrekt und treibt so die Gesellschaft vor sich her. Dem normalisierenden Typ komme es darauf an, in einer immer komplexer werdenden Welt wenigstens Standards der Ordnung zu halten.

Ob nun diese Gegenüberstellung stimmt und ob der Repräsentant der kompromittierenden Art Peter Sloterdijk ist und der der normalisierenden Art Jürgen Habermas, sei einmal dahingestellt.

Aber anderen und sich selbst unbequeme Fragen zu stellen und doch nicht im Fragemodus stehen zu bleiben, sondern zu schauen, wie man unter Realbedingungen verantwortlich gestalten kann, sodass Gesellschafts-, Umwelt-, Wissenschafts- und Wirtschaftsaspekte mitbedacht werden, das scheint mir unbezweifelbar zu sein.

Bei der Frage, wie das geschehen kann, versuchen wir heute ein paar Schritte weiterzukommen. Dazu haben wir eine Reihe namhafter Expertinnen und Experten eingeladen, denen ich herzlich danke, dass sie uns ihre Expertise und ihre Zeit zur Verfügung stellen. Vor dem Hintergrund der skizzierten Fragen bin ich gespannt, was Sie uns dazu zu sagen haben und wie wir dies miteinander debattieren können.

Sie können Ihre Gedanken auch unter dem Hash-tag Gene-Drive über das Lieblingsmedium des Mannes im Weißen Haus kundtun, und das sicherlich auf eine andere Art und Weise, als der Herr dies tut.

Als Disclaimer: Wenn Sie einen Beitrag zur Diskussion leisten wollen, bedenken Sie, dass dies aufgezeichnet wird. Indem Sie sich melden, haben Sie die Zustimmung dazu gegeben.

Nun übergebe ich an meine Kollegin Frau Klingmüller. Vielen Dank.

Ursula Klingmüller

Auch ich möchte Sie herzlich zur Herbsttagung des Deutschen Ethikrates begrüßen. Mir ist es als Naturwissenschaftlerin ein Anliegen, deutlich zu machen, was sich hinter dem Begriff Gene-Drive verbirgt: Normalerweise erben Lebewesen ein erbliches Merkmal von der Mutter und eines vom Vater. Im Rahmen von Gene-Drive verschiebt sich jedoch das Verhältnis, und die Nachkommen erhalten mehr und mehr ein Merkmal in einer dominanten Form.

Man glaubt oft, dass dieses Ereignis auf neueste technologische Entwicklungen zurückgeht. Diese Ereignisse wurden aber schon früher beobachtet. Zum Beispiel gab es genetische Werkzeuge wie Transposons, die dazu führten, dass sich die Vererbung von Merkmalen verschoben hat. In jüngster Zeit ist es jedoch – insbesondere durch die Entwicklung der CRISPR/Cas-Technologie, der Genschere – möglich geworden, Prozesse rapide zu beschleunigen, daher Vererbungsturbo.

Im Bereich Insekten ist der Ansatz, der zu einem Gene-Drive führt, besonders weit entwickelt. Der Grund ist, dass wir wissen, dass Insekten eine Vielzahl von Krankheitserregern übertragen können: Malaria-, Zika-Virus, Dengue-Virus.

Man sollte sich jedoch vergegenwärtigen, dass diese Krankheitserreger nicht in allen Insekten dieser Art vorhanden sind, sondern nur in einigen. Trotzdem ist eine effiziente Bekämpfung unglaublich schwierig. Wir haben bisher chemische Mittel eingesetzt und kennen die Nebenwirkungen. Daher ist es wichtig, systematisch neue Möglichkeiten der Schädlingsbekämpfung zu entwickeln. Es gibt also große Vorteile, hier neue Werkzeuge einzusetzen und zu nutzen.

Auf der anderen Seite geben einem Schlagzeilen wie in der *Zeit* vor fünf Tagen („Insektensterben: Ohne Insekten bricht alles zusammen“) doch zu denken. Daher muss man beide Seiten in Beziehung setzen und Risiken und Nutzen sorgfältig abwägen.

Bevor man jedoch darüber fundiert diskutieren kann, muss man die technischen Möglichkeiten besser einschätzen können. Das ist unser Anliegen: Ihnen in den folgenden Vorträgen ein besseres Verständnis von den Möglichkeiten, die zu einem Gene-Drive-Effekt führen können, zu geben. Deswegen möchte ich Herrn Nikolai Windbichler bitten, uns im ersten Vortrag einen Über-

blick über biologische Grundlagen und medizinische Anwendungspotenziale von Gene-Drive zu geben.

Biologische Grundlagen und medizinische Anwendungspotenziale von Gene-Drives

Nikolai Windbichler · Imperial College London (UK)

(Folie 1, 2)

Guten Morgen. Ich möchte beginnen mit dem Problem, das viele Leute – mich eingeschlossen – dazu motiviert hat, in diesem Bereich zu forschen: Das ist das Problem der Übertragung von infektiösen Erkrankungen durch Vektoren, vor allem durch Moskitos.

Hier sind einige Zahlen der Weltgesundheitsorganisation [WHO]. Man sieht: Im globalen Süden ist das ein großes Problem, eine Milliarde Krankheitsfälle jährlich. Rechts sehen Sie die Anzahl der Todesfälle 2015 von durch Moskitos übertragenen Krankheiten. Allen voran ist immer noch Malaria mit knapp 500.000 Toten, die meisten davon Kinder unter fünf Jahren.

(Folie 3)

In den letzten Jahrzehnten wurden im Kampf zum Beispiel gegen Malaria große Fortschritte erzielt. Zum Beispiel wurde die Rate der Neuerkrankungen und der Sterblichkeit dramatisch reduziert. Erreicht wurde dies vor allem durch den Einsatz von mit Insektiziden imprägnierten Moskitonetzen und durch eine Kombinationstherapie mit Artemisinin.

Jetzt breitet sich aber eine Insektizidresistenz gegen alle vier Insektizidklassen aus. Wer sich etwas auskennt, weiß, dass nur eine Klasse (Pyrethroide) für die Moskitonetze einsetzbar ist.

Das ist ein großes Problem, und jetzt gibt es auch eine Artemisinin-Resistenz wahrscheinlich in Südostasien (das ist noch nicht klar) und in Afrika.

Der Fortschritt, der erzielt wurde, ist also in Gefahr. Das heißt, wir brauchen neue Werkzeuge. Wir brauchen vor allem dann neue Werkzeuge, wenn man ernsthaft daran denkt, Malaria auszurotten – nicht nur kontinuierlich zu bekämpfen, sondern wirklich auszurotten. Fast alle Modelle sagen, dass sich das mit den jetzigen Werkzeugen nicht bewerkstelligen lässt.

(Folie 4)

Was wären die optimalen Eigenschaften neuer Werkzeuge? Ich habe hier ein paar Dinge aufgeführt:

(1) Sie müssen sicher sein. Sie müssen kompatibel sein mit allen anderen Dingen, die wir jetzt schon und vielleicht in Zukunft einsetzen, zum Beispiel Impfstoffe, die es momentan nicht gibt.

(2) Sie müssen breit anwendbar sein. Das heißt: Sie müssen funktionieren, egal ob es in einem Gebiet viel oder wenig Malaria-Übertragung gibt, ob es urban oder ländlich ist oder ob es ein Staat mit einem stabilen Gesundheitssystem ist oder ein instabiler Staat.

(3) Und sie müssen effektiv sein: kostengünstig. Sehr wichtig: Im Idealfall erfordert so ein Werkzeug keine Änderung des Verhaltens der Betroffenen. Das ist ein wichtiger Punkt. Zum Beispiel wissen wir, dass Leute Bettnetze bekommen, sie aber nicht oder für etwas anderes verwenden.

Das sind die Eigenschaften. Gene-Drive wäre ein Werkzeug, das vielleicht alle oder die meisten dieser Eigenschaften hätte.

(Folie 5)

Was ist Gene-Drive, wie funktioniert das? Ich fange ganz fundamental an.

(Folie 6, 7)

Wenn man sich eine Zelle vorstellt mit einem Chromosom drin und einem DNA-Strang, dann kommt es manchmal vor, dass in Zellen, zum Beispiel durch Strahlung, an der DNA ein Schaden entsteht, zum Beispiel ein Doppelstrangbruch. Dieser Schaden muss von der Zelle repariert werden, sonst geht genetische Information verloren.

(Folie 8)

Eine Möglichkeit, diesen Schaden zu reparieren, ist, dass die Zelle die zwei DNA-Stränge irgendwie wieder zusammenklebt. Da entstehen dann Mutationen. Das ist also nicht der beste Weg, das zu machen (obwohl es ein Weg ist).

(Folie 9–11)

Ein besserer Weg ist: Wir haben von jedem Chromosom, von jedem Gen zwei Kopien. Alle Tiere haben zwei homologe Chromosomensätze. Und es hat einen Grund, warum wir die haben. Der bessere Weg ist, das andere Chromosom als Reparaturvorlage heranzuziehen, um den DNA-Schaden zu reparieren. Da kommt es im Regelfall zu keinem Verlust genetischer Information. Das ist ein konservativer und effizienter Reparaturmechanismus der Zelle.

(Folie 12–16)

Jetzt gibt es bestimmte Gene – man nennt sie egoistische Gene; ich habe sie hier als Gene-Drive bezeichnet, obwohl das etwas schwammig ist –, die machen Folgendes: Sie kodieren für ein Enzym, ein Protein, das nichts anderes macht, als das andere Chromosom zu schneiden. Zum Beispiel macht ein Gene-Drive-Konstrukt nichts anderes, als DNA zu schneiden; sonst gibt es keine Funktion.

(Folie 17, 18)

Was passiert aber, wenn dieses Chromosom geschnitten wird, und zwar genau dort, wo sich an der gleichen Stelle im anderen Chromosom dieses Gene-Drive-Konstrukt befindet? Der DNA-Schaden muss repariert werden. Er wird repariert durch homologe Reparatur, wobei wieder das andere Chromosom als Reparaturvorlage genommen wird. Auf dem anderen Chromosom ist aber jetzt dieses Gene-Drive-Konstrukt. Und das wird durch die Reparatur von einem Chromosom auf das andere kopiert. Es hat sich praktisch von einer Kopie auf zwei Kopien vermehrt; so kann man das sehen. Der Mechanismus ist ein Parasit der DNA-Reparatur der Zelle.

(Folie 19)

Solche Gene kommen vor, das hat die Evolution hervorgebracht. Man nennt sie Homing-Endonukleasen. In Hefen gibt es sehr viele; dort breiten sich solche Gene aus.

(Folie 20)

Wenn wir das jetzt im Labor basteln, zum Beispiel für Moskitos, dann verwenden wir die CRISPR/Cas9-Technologie, weil die CRISPR/Cas9-Endonukleasen viel einfacher herzustellen sind als Homing-Endonukleasen, die kompliziert sind.

Das heißt, CRISPR/Cas9 und Gene-Drive ist nicht das Gleiche. CRISPR/Cas9 ist eine DNA-Schere, die die Herstellung von Gene-Drive stark vereinfacht hat.

(Folie 21)

Gehen wir nun von der Ebene der Zelle eine Ebene höher auf die Ebene des Individuums.

Auf der linken Seite sieht man eine normale Vererbung. Zum Beispiel könnte man dieses grüne Gen, ein normales Gen, in den Moskito

einbringen, das die Augen des Moskitos grün fluoreszieren lässt. So etwas gibt es. –

Noch nicht erfunden – kommt noch [lacht].

[Zuruf, unverständlich]

Okay. Wenn dieses normale Gen in einer Kopie vorliegt, dann liegt es auch in der Keimbahn dieses Individuums in einer Kopie vor. Wenn das ein Männchen ist, haben die Hälfte der Spermien dieses Gen und die Hälfte nicht. Wenn es ein Weibchen ist, haben es die Hälfte der Eizellen und die Hälfte nicht. Wenn sich dann dieser Moskito mit einem normalen Moskito kreuzt, erben im Durchschnitt die Hälfte der Nachkommen dieses Gen und die Hälfte nicht. Das ist normale Mendel'sche Vererbung.

Bei einem Gene-Drive-Konstrukt ist es anders. Bei einem Gene-Drive-Gen findet der Mechanismus des Herüberkopierens in der Keimbahn statt. Dann haben in der Keimbahn im besten Fall alle Spermien dieses Gene-Drive-Konstrukt, und dadurch wird es im besten Fall auch zu allen Nachkommen vererbt. Da kann man wirklich sagen: Das ist ein Vererbungsturbo. Ich weiß nicht, wer das Wort erfunden hat; ich habe es übernommen, das hat mir gut gefallen. Das hat jemand vom Ethikrat erfunden.

(Folie 22)

Gehen wir jetzt von der Ebene des Individuums noch mal eine Ebene höher und schauen uns an, was in der Population passiert.

Bei einer normalen Mendel'schen Vererbung wird, wenn man ein paar Moskitos mit dem grünen Gen freisetzt, die Frequenz des grünen Gens in der Population sehr niedrig bleiben. Vielleicht wird es sogar verschwinden; daraus wird nichts. Das ist bei normaler Vererbung.

Bei Gene-Drive aber steigt die Frequenz, selbst wenn dieses Gen am Anfang in einer sehr nied-

rigen Frequenz in der Population vorliegt, bis im Extremfall alle Individuen dieses Gen besitzen. Das heißt, dieses Gen breitet sich in der Population aus.

Das sind die drei Ebenen. Ich hoffe, man hat verstanden, wie das funktioniert.

(Folie 23)

Was ich Ihnen erzählt habe, war nur, wie man mit diesem Mechanismus ein Gen in einer Population ausbreiten kann. Da sind wir aber noch nicht bei Malaria. Das könnte auch ein Gen sein, das die Moskitos grün macht. Wir müssen jetzt noch etwas Zusätzliches machen, um Malaria zu bekämpfen. Da gibt es zwei prinzipielle Möglichkeiten, an denen Leute arbeiten.

Die erste Anwendungsart nennen wir Modifikation von Populationen. Auf der linken Seite sieht man den Infektionszyklus des Malaria-Parasiten im menschlichen Körper (ganz links) und im Moskito (rechts-links).

Sie sehen, dass der Parasit im Menschen, aber auch im Moskito einige Entwicklungsstufen durchlaufen muss: Er muss bis zu den Speicheldrüsen kommen und dort wieder initiiert werden im nächsten Menschen, damit sich der Infektionszyklus fortsetzen kann. Und das dauert. Das dauert Tage.

(Folie 24, 25)

Man kann sich jetzt vorstellen, die verschiedenen Entwicklungszyklen des Parasiten zu blockieren. Man kann sich vorstellen, ein Gen in den Moskito einzubauen, das die Entwicklung des Malaria-Parasiten beeinträchtigt. Und es gibt solche Gene, zumindest Kandidaten für solche Gene.

(Folie 26)

Wenn man so ein Gen hätte, was müsste man jetzt machen? Man müsste dieses Anti-Malaria-Gen mit einem Gene-Drive-Gen koppeln. Dann

fährt dieses Gen wie per Anhalter mit dem Gene-Drive-Gen durch die Population. Das heißt, es wird in der Keimbahn herüberkopiert mit dem Gene-Drive-Konstrukt und ist dann zu allen Individuen vererbt. Auf der linken Seite sieht man: Beide Gene werden sich gemeinsam in der Population ausbreiten.

Wenn man so eine Population hätte, wo jedes Individuum dieses Anti-Malaria-Gen trägt, dann wäre die Krankheitsübertragung in so einer Population reduziert. Das ist rein theoretisch. So etwas wurde noch nicht getestet, weder in der Population noch in Wildbahn-Populationen.

(Folie 27)

Was sagen jetzt die Modelle, wie sich so etwas wirklich verhält?

Diese Folie ist etwas komplizierter, aber es gibt nur eine Take-home-Message. Die Voraussage ist, dass sich dieses Gene-Drive-Konstrukt, das hier mit C bezeichnet wird, anfangs sehr schnell ausbreitet. Das Wildtyp-Gen, das geschnitten wird, verschwindet schnell. Aber wenn dieses Gene-Drive-Konstrukt auf einem hohen Niveau ist, kommen resistente Allele ins Spiel. Diese führen dazu, dass dieses Gene-Drive-Konstrukt wieder verschwindet (darauf gehe ich nicht näher ein).

Das heißt, eigentlich ist diese Population keine permanente Modifikation. Die Modelle sagen, dass so ein Gene-Drive-Konstrukt circa 30 bis 50 Generationen in der Population bleiben würde. *Anopheles gambiae*, der Hauptvektor von Malaria, hat 10 bis 18 Generationen im Jahr. Das heißt, permanent ist da nichts. Das ist ein dynamisches System, das sehr komplex ist.

Und das ist auch nur ein Modell. Wie es sich wirklich verhält, müssen wir erst herausfinden.

Das war die erste Anwendungsart: Modifikation einer Population.

(Folie 28)

Die zweite Anwendungsart ist etwas schwieriger zu verstehen: Das ist die Reduktion oder Elimination von Populationen. Ich spreche hier von Populationen und nicht von Spezies. Es wird oft davon gesprochen, dass hier eine Spezies ausgelöscht oder modifiziert wird. Das kann die Technologie aber nicht leisten, und das braucht sie auch nicht zu leisten, um effektiv zu sein.

Wie funktioniert jetzt die Reduktion oder Elimination einer Population? Rechts oben sehen Sie das, was hier als *essential gene* bezeichnet wird: ein wichtiges Gen vom Moskito, zum Beispiel ein Gen, das für die Fruchtbarkeit der Weibchen sehr wichtig ist.

Jetzt kann man in dieses wichtige Gen ein Gene-Drive-Gen hineinsetzen. Wenn man dieses Gene-Drive-Gen da hineinsetzt, dann ist dieses wichtige Gen, das *essential gene*, kaputt; es funktioniert nicht mehr. Das Gene-Drive-Konstrukt schneidet dieses wichtige Gen und wird da hineinkopiert.

Wenn man jetzt solche Moskitos auf der linken Seite oben, die nur eine Kopie des wichtigen Gens – des Gene-Drive-Konstrukts haben, wenn man solche Moskitos freisetzt – und sie sind normal, denn sie haben noch eine Kopie des wichtigen Gens. Sie haben ein Chromosom mit dem Gene-Drive-Konstrukt und ein Chromosom mit dem wichtigen Gen. Sie sind also normal, aber sie haben noch dieses wichtige Gen. Denn dieser Mechanismus des Kopierens findet wie gesagt nur in der Keimbahn statt, nicht in allen anderen Zellen des Körpers.

Wenn man solche Moskitos freisetzt, dann sind sie sehr selten in der Population. Das heißt, sie

werden sich fast immer, wenn sie sich kreuzen, mit Wildtyp-Individuen kreuzen. In so einer Kreuzung mit dem Wildtyp kommen genau die gleichen Moskitos heraus: nämlich Moskitos, die eine Kopie des Gene-Drive-Konstrukts haben und eine Kopie des essenziellen Gens, das immer noch funktioniert. Das heißt, sie sind auch normal. Das heißt, am Anfang gibt es einige Zyklen, wo sich dieses Gen ausbreitet, ohne irgendeinen Effekt auf die Individuen zu haben. Das ist auch gezeigt; rechts unten sieht man die Frequenz von Gene-Drive, die am Anfang aufgeht.

Wenn aber jetzt diese Moskitos in der Population so häufig werden, wenn die Frequenz des Gens so häufig ist in der Population, dass sich Moskitos mit dem Gene-Drive-Konstrukt paaren, dann kommen homozygote Individuen dabei heraus, wo beide Kopien des wichtigen Gens zerstört sind. Sie haben auf beiden Chromosomen das Gene-Drive-Konstrukt und haben dann die Funktion des essenziellen Gens nicht mehr. Wenn das zum Beispiel für weibliche Fruchtbarkeit zuständig ist, dann sind die Weibchen unfruchtbar.

Rechts unten sieht man: Wenn die Frequenz des Gene-Drive sehr hoch wird in der Population, dann sinkt die Fitness der Population. Das kann im Extremfall dazu führen, dass die Population ganz verschwindet.

Das ist wie gesagt ein bisschen schwieriger zu verstehen; ich habe es recht einfach dargestellt. Da gibt es eine hohe Komplexität. Das hängt auch davon ab, wie viele Gene-Drive-Konstrukte sich gleichzeitig ausbreiten, wo das wichtige Gen aktiv ist usw. Man muss nicht alles bis ins Detail verstehen, aber verstehen, dass sich hier etwas ausbreitet, das dann, wenn es eine bestimmte Frequenz erreicht hat, einen negativen

Effekt auf die Fitness der Population, auf die Fertilität der Population hat.

(Folie 29)

Hier gibt es schon Daten. So etwas haben wir im Labor ausprobiert. Sie sehen auf der linken Seite zwei Moskito-Populationen in einem Laborkäfig; das sind, glaube ich, 500 Individuen. Hier haben wir solche Moskitos freigesetzt und geschaut, ob sich dieses Gen ausbreitet oder nicht. Sie sehen hier, dass sich in den ersten fünf, sechs, sieben, acht Generationen dieses Gen sehr schnell ausbreitet, obwohl es ein Gene-Drive-Konstrukt ist, das Weibchen unfruchtbar macht. Das ist ja der Trick dabei. Das heißt, es breitet sich aus, aber dann sieht man, dass die Frequenz dieses Konstrukts langsam sinkt.

Wenn man schaut, warum das sinkt, und man sich dieses Zielgen, das weibliche Fruchtbarkeitsgen, genau anschaut, dann sieht man, dass hier Mutationen entstanden sind, dort, wo das CRISPR/Cas9, wo die Nuklease schneidet. An der Schnittstelle sind Mutationen aufgetreten.

Wer ein bisschen Genetik versteht und zählt, wird sehen, dass die Deletionen, die hier rechts abgebildet sind, ein Vielfaches von drei sind. Das heißt, hier sind ein paar Nukleotide herausgeschnitten, aber der offene Leserahmen dieses wichtigen Fruchtbarkeitsgens besteht weiter. Das heißt, diese Gene sind resistent gegen das Gene-Drive-Konstrukt. Sie funktionieren als Fruchtbarkeitsgen, aber sie können nicht mehr von dem CRISPR/Cas9 in der Nuklease geschnitten werden. Das ist das Problem mit Resistenz. Resistenz ist ein Problem dieser Technologie, und da sind wir erst am Anfang. Da müssen wir noch viel Arbeit leisten.

Man kann es aber auch anders sehen: Resistenz ist eigentlich ein inhärenter Mechanismus, mit dem der Ausbreitung schon Grenzen gesetzt

sind. Denn Moskito-Populationen sind genetisch unglaublich variabel; sie sind zehnmal variabler als das menschliche Genom. Das heißt, es gibt für fast jedes Gen schon Varianten, die von vornherein nicht geschnitten werden können. Man kann das als Bug sehen oder als Feature; das ist Ansichtssache.

(Folie 30)

Wie erwähnt, hier geht es nicht um die Elimination einer Spezies. Es gibt Tausende von Moskito-Spezies auf der Welt, rund 800 davon in Afrika. Gene-Drive wird gegen die drei Hauptüberträger von Malaria entwickelt: *Anopheles gambiae*, *Anopheles coluzzi* und *Anopheles arabiensis*. Der wichtigste Vektor ist *Anopheles gambiae*. Wenn man oft liest: Das ist das Ende der Moskitos – darum geht es überhaupt nicht. Denn wie Sie sehen: Von den Moskitos gibt es genug.

Was sind die erwarteten ökologischen Auswirkungen? Wie gesagt, das Ziel ist die Reduktion von Malaria und nicht die Elimination von *Anopheles gambiae*. Das ist wichtig, denn wenn man erst einmal den Infektionstypus durchbrochen hat, macht es nichts, wenn die Moskitos später wieder zurückkommen. Denn es findet keine Übertragung mehr statt. Das heißt, die Moskitos sind nicht wirklich das Ziel, sondern nur das, was wir targeten können.

Anopheles gambiae – und ich gebe hier nur wieder, was Ökologen sagen: *Anopheles gambiae* repräsentiert einen winzigen Teil der Biomasse, ist eine Schlüsselspezies, auch kein spezialisierter Bestäuber und hat eine starke Assoziation mit dem Menschen. Der größte ökologische Effekt ist durch die Reduktion von Malaria zu erwarten, was nicht anders ist als bei Bettnetzen.

Es gibt bestimmte Regionen in Afrika, wo Bettnetze so effektiv waren, dass es dort eigentlich keine *Anopheles-gambiae*-Moskitos mehr gibt.

Das kann man als Modell nehmen, was die ökologischen Konsequenzen sind. Bettnetze sind da nicht anders.

(Folie 31)

Wie kann man sich das jetzt vorstellen, so eine Technologie einzusetzen? Ich bringe das auch deswegen, weil oft gesagt wird, das breitet sich über Ländergrenzen hinweg aus, das ist transnational. Man kann sich nicht vorstellen, dass es jemals eingesetzt wird, aber es gibt Präzedenzfälle für so etwas. Einer ist die biologische Kontrolle des Cassava Mealybugs, das ist ein Schädling von Cassava, Maniok auf Deutsch. Das ist ein Schädling, der in den Siebzigerjahren von Südamerika nach Afrika eingeschleppt wurde, sich dort verbreitet hat und dem Cassava-Anbau massive Schäden bereitet hat.

Man hat zwar versucht, resistente Cassava-Sorten zu verwenden, aber das hat nicht funktioniert. Man sieht hier in der Mitte, wie sich dieser Schädling ausgebreitet hat von 1973 bis 1987.

(Folie 32)

Was war die Antwort? Das ist ein Beispiel für biologische Kontrolle: Man hat einen natürlichen Schädling ebenfalls aus Südamerika nach Afrika geholt, eine parasitische Wespe, die ihre Eier in den Mealybug legt. Zwischen 1981 und 1995 gab es 150 Freisetzungen durch ganz Afrika; es waren einige Länder an dem Programm beteiligt.

Sie sehen unten den Effekt: Es gab eine massive Reduktion des Befalls in den meisten Feldern, und für circa 15 Jahre war das kein größeres Problem mehr. Hier ist auch eine Kosten-Nutzen-Rechnung. Davon kann man halten, was man will, aber man sieht: Wenn man so eine biologische Replikation zu Hilfe nimmt, kann das ein effektiver Mechanismus sein, um so ein Problem anzugehen.

(Folie 33)

Um es zusammenzufassen: Das ist eine spezies-spezifische und effektive genetische Technologie, mit der vielleicht ganze Populationen modifiziert werden könnten.

Die Gene-Drive-Technologie funktioniert im Labor und ist durch CRISPR/Cas9 viel einfacher geworden.

Man kann Gene-Drive entweder dazu verwenden, die Übertragung von Krankheiten zu blockieren oder die Populationsgröße zu reduzieren, im besten Fall auf null.

Es ist keine Technologie, die unaufhaltbar ist. Man lässt einen Mosquito frei und dann geht das immer so weiter – so ist es nicht. Da gibt es viele Barrieren. Es besteht momentan eher das Risiko, dass der Effekt nicht nachhaltig genug ist. Wir müssen das eigentlich noch verbessern, damit sich das schnell und effizient genug ausbreiten kann, wie wir das wollen.

Es ist keine Wunderwaffe, sondern die Technologie wird vielleicht einmal zusammen mit anderen Interventionen angewendet, zum Beispiel Bettnetze und Impfungen. Jeder, der an Malaria arbeitet, weiß, dass eine Technologie allein nie irgendetwas leisten kann. Es muss immer eine Kombination sein von Anwendungen, von Interventionen.

Letztlich ist der Grund, warum wir hier sind, dass die legalen, ethischen und gesellschaftlichen Gesichtspunkte noch nicht so weit fortgeschritten sind wie die technischen Möglichkeiten. Danke.

Ursula Klingmüller

Ich möchte als nächsten Redner Herrn Marc Schetelig auf die Bühne bitten, der uns nun einen Überblick über die Anwendung des Gene-Drives in der Landwirtschaft geben wird.

Landwirtschaftliche Anwendungspotenziale von Gene-Drives

Marc F. Schetelig · Justus-Liebig-Universität Gießen; Fraunhofer IME, Gießen

(Folie 1)

Herzlichen Dank für die Einführung. Ich werde ein bisschen auf dem ersten Vortrag aufbauen, wenn ich Ihnen nun die landwirtschaftlichen Anwendungspotenziale von Gene-Drives erläutere.

(Folie 2)

Hier sehen Sie die die unterschiedlichen Bereiche, in denen man sich Gene-Drives vorstellen kann. Ich möchte Ihnen im Bereich Landwirtschaft einige Möglichkeiten zeigen, die sich vor allem mit einer nachhaltigen Schädlingsbekämpfung beschäftigen.

(Folie 3)

Was ist eigentlich unser Problem? Es wird in der Zukunft sehr viel mehr Menschen geben; so wird es zumindest erwartet. Sie sehen hier die Zahlen. Wenn Sie die gelbe Linie verfolgen – das sind die Zahlen, die wir erwarten: Es gibt einen weiteren Anstieg der Bevölkerung weltweit. Wenn wir die rote Berechnungsvariante heranziehen, dann wäre das eine kleine Katastrophe. Die grüne hingegen würde uns bei vielen Sachen, die wir lösen müssen, eventuell helfen.

(Folie 4)

Mehr Bevölkerung heißt aber auch: Wir werden immer mehr Wohnraum brauchen, mehr Nahrung und vor allem Platz, um die Nahrung herzustellen.

Das steht im Zwiespalt mit dem Schutz der Umwelt. Denn da wollen wir weniger genutzte Wohnflächen und eine Verringerung der Ackerflächen bei gleichem oder größerem Output.

Wenn wir dann noch den Klimawandel draufsetzen, wo wir sagen: Wir wollen keine Abrodung, wir wollen nachhaltig wirtschaften, dann müssten wir die Flächen weiter reduzieren oder eine größere Effizienz erreichen, immer weltweit gesehen.

Wenn Sie sich hier noch mal die Population ansehen, die eben steigt (das ist eine etwas ältere Grafik), dann sind es 2030 rund 7,5 Milliarden Menschen auf diesem Planeten. Das haben wir heute schon. Nach dieser Version sind wir schon 12 Jahre voraus.

(Folie 5)

Was können wir dagegen tun? Es gibt eine schöne Sendung beim hiesigen Radiosender FFH, die heißt: „Wünsch dir was, dann kriegste das!“ Wenn ich da jetzt anrufen und mir etwas wünschen könnte, dann hätte ich vier Punkte, die ich mir wünschen würde:

- Ertragssteigerung der Pflanzen,
- Minimierung von weggeworfenen Lebensmitteln,
- Verbesserung der Verteilung von Lebensmitteln und
- Schutz von Agrarprodukten gegen Schädlinge, damit diese gar nicht erst angegriffen werden.

Zu jedem dieser Themen könnten wir ein ganzes Symposium abhalten; ich werde mich mit dem letzten Punkt beschäftigen.

Sie sehen einige wichtige Agrarschädlinge in Deutschland, Europa und weltweit, zum Beispiel Mäuse, die Kirschessigfliege in der Mitte und die Mittelmeerfruchtfliege, die weltweit invasive Arten sind und oft nur aus einem Land kommen. Zum Beispiel kommt die Mittelmeerfruchtfliege ursprünglich aus Kenia und ist mittlerweile auf

fünf Kontinenten vertreten, durch die Ausbreitung durch den Menschen.

Was können wir also für den Schutz von Agrarprodukten und im Sinne der nächsten Jahrzehnte verbessern? Es ist wahrscheinlich nicht unser Freund hier, der uns die Mäuse wegfischt; der würde eher dick werden und dem würde irgendwann übel werden, wenn wir diese Tausenden von Mäusen auf unseren Äckern damit bekämpfen wollten. Es muss also etwas anderes sein, und viele Möglichkeiten gibt es ja schon.

(Folie 6)

Gene-Drive ist eventuell eine zusätzliche Möglichkeit in der integrierten Schädlingsbekämpfung. Was brauchen wir für ein Gene-Drive, wenn wir über Insekten und landwirtschaftliche Schädlinge sprechen?

(Folie 7)

Wir brauchen erst einmal ein Tool, das uns den Gene-Drive ermöglicht: Das ist CRISPR/Cas9 in den Agrarschädlingen. Ich habe hier ein Beispiel aus unserer Gruppe mitgebracht, wo ausprobiert wurde, ob dieses Tool in der Kirschessigfliege, diesem invasiven Schädling aus Südostasien, funktionieren kann. Die wildtypische Fliege hat rote Augen und wir haben versucht, mit CRISPR/Cas9, der Genschere, dieses Gen auszuschalten. Wenn einem das gelingt, sind die Augen nicht mehr rot, sondern weiß. Wie Sie an dem Bild sehen, ist das gelungen, und auch sehr effizient.

(Folie 8)

Mittlerweile gibt es das für einige wenige Schädlinge, dass diese Tools evaluiert sind und funktionieren.

Die Mutagenese ist möglich. Wir haben ein Werkzeug, zumindest in einigen wenigen Insekten, mit dem wir das durchführen können.

Jetzt ist die Frage: Welche Arten von Gene-Drives sind vorstellbar und sinnvoll?

Wir müssen uns bei einer Diskussion immer im Klaren sein: Gene-Drive ist ein Oberbegriff, es gibt verschiedene Arten von Gene-Drive. Wenn wir darüber diskutieren, ist es wichtig, dass wir uns immer das genaue System anschauen (wie würde sich das verhalten, in welchem Organismus?) und darauf unsere Diskussion aufbauen.

(Folie 9)

Jetzt möchte ich Ihnen die Strategien zeigen, die zur Bekämpfung invasiver Spezies möglich sind. Sie sehen in den Grafiken die vier Systeme (a, b, c und d), und Sie sehen die Wahrscheinlichkeit, ob die Systeme wirklich zu einem Gene-Drive werden oder dass sie das nicht schaffen. Das werden wir Punkt für Punkt durchgehen.

Punkt a) ist eine heterozygote weibliche Sterilität: XX, zwei X-Chromosomen stehen für Weibchen, XY wäre das Männchen. So ein System würde die Nachkommen reduzieren durch Transgene, die sterile Weibchen erzeugen. Das klingt schwierig, ist aber ganz einfach zu erklären: Wir würden Insekten ins Feld freilassen, die bei einer Paarung nur sterile Weibchen erzeugen. Diese haben keine Nachkommen, weil sie steril sind. Das heißt aber auch, dass der Gene-Drive, der eigentlich vererbt werden soll, nicht weitergegeben wird, weil die Weibchen, die dies haben, keine Nachkommen haben.

Das heißt aber auch, wenn Sie jetzt auf die Grafik schauen, dass wir keinen Gene-Drive bekommen. Das wird bei 0 Prozent bleiben. Wir werden dadurch keine Auslöschung der Population erreichen, eventuell aber eine Populations-suppression. Wenn wir immer wieder diese Insekten freilassen würden, könnten wir eine Reduktion erreichen. Das ist ähnlich wie die Steri-

le-Insekten-Technik, auf die ich gleich noch zurückkomme.

Eine weitere Methode (b) ist eine heterozygote weibliche Geschlechtsumwandlung. Das klingt komisch, ist aber möglich. Denn in Insekten sind nur wenige Gene in Insekten dafür verantwortlich, ob es ein Weibchen oder ein Männchen wird, und wenn man eins davon ausschaltet, kann man es schaffen, dass nur Männchen dabei herauskommen. In der Kurzform: Ein Gen mutiert und sie werden ein Männchen.

Wenn man so etwas hätte, hätte man Männchen, die aber eventuell zwei X-Chromosomen haben. Denn die Chromosomen können Sie nicht ändern. Deswegen steht hier XX Männchen; das ist kein Fehler. Diese sind dann in der Lage, den Gene-Drive zu übertragen.

Wichtig ist wieder die Wahrscheinlichkeit, dass das Ganze wirklich ein Gene-Drive wird. Jetzt kommen wir zu den Zielgenen, die wir targeten müssen (davon hat auch Herr Windbichler gesprochen). Wie viele davon brauchen wir, damit so ein System in die komplette Population getrieben werden kann? Hier an der rechten Seite sehen Sie bunte Linien, da steht 1, 2, 3, 4, 5 gRNA [guide-RNA]. Das ist die Anzahl der Zielgene, die wir targeten müssen, damit wir einen Gene-Drive bekommen.

Als Beispiel: Unter b) sehen Sie das System, und nur die violette und die schwarze Linie würden zu einem Gene-Drive führen. Bei der grünen Linie sehen Sie keinen Gene-Drive zu 100 Prozent in die Population, sondern die Population würde hier nur zu 75 Prozent ausgelöscht werden.

Wenn Sie aber die gelbe Linie sehen, also ein Zielgen, dann führt das nicht zum Gene-Drive.

Das liegt auch an unterschiedlichen Berechnungsmodellen. Das sind mathematische Model-

le, und die bunten Linien zeigen, dass es hier 2 Prozent Mutationen, natürliche Rekombinationen im Genom gibt. Das passiert dauernd, das passiert bei allen Organismen, das ist ein natürlicher Vorgang. Das heißt aber auch, dass wir Probleme in unserem Gene-Drive bekommen können und der dann nicht mehr effektiv wird. Deswegen braucht man mehrere Zielgene, um den Gene-Drive überhaupt und auch zu einem bestimmten Prozentsatz erreichen zu können.

Gehen wir weiter. c) ist ein homozygot-embryonales Sterblichkeitssystem. Hier erzeugt eine rezessive Embryonal-Letalität einen Funktionsverlust in einem Gen. Das klingt geschwollen, ist aber ganz einfach: Man hat ein System, das sich verbreitet, und wenn es in einer Kopie vorliegt, dann macht es erst mal nichts. Aber wenn es auf beiden Chromosomen vorliegt, kommt es zur Sterblichkeit. Die homozygoten Individuen tragen natürlich nicht zum Gene-Drive bei, sondern sterben ab. Aber die heterozygoten tragen das Ganze weiter in die Population und führen zur Ausbreitung.

Wenn wir uns hier die Ausbreitungsvarianten anschauen: Auch hier brauchen wir mindestens drei, vier oder fünf guide-RNAs, wenn wir von einer Mutationsrate, natürlichen Rekombinationsrate von 2 Prozent ausgehen.

Die letzte Variante (d) ist im Verständnis ganz ähnlich zu c): Das ist eine homozygot-weibliche Sterilität. Hier ist das rezessive Allel die Sterilität und nicht die Letalität wie in c). Hier gibt es keine Nachkommen der Homozygoten-Weibchen, weil diese eben steril sind und deshalb keine Nachkommen mehr produzieren können. Der Gene-Drive ist auch hier möglich durch heterozygote Individuen.

Auch hier sehen Sie: Man kann das Ganze justieren mit der Anzahl der Zielgene, die verwendet

werden. Das ist nicht einfach, das herauszufinden. Wenn Sie fragen: Wie viele brauchen wir, damit das 50, 60 oder 70 Prozent werden? Das kommt auf die Spezies an, auf die Gene, auf die wir losgehen. Das muss im Labor erforscht werden, pro Spezies und pro Gene-Drive, der gebaut werden soll.

(Folie 10)

Was ist der Vorteil von Gene-Drive? Es gibt ja schon Varianten, wie wir eine Schädlingsbekämpfung auch biologisch sehr gut durchführen können. Ich arbeite selbst seit Jahren an der Sterilen-Insekten-Technik. Bei dieser Technik werden Insekten produziert, sterilisiert und ins Feld freigelassen. Wenn sie sich dann im Feld paaren, kommt nichts dabei heraus, weil sie vorher sterilisiert wurden. Dadurch wird die Population reduziert. Jedoch muss man sie immer wieder freilassen, weil das kein Gene-Drive ist; das wird sich nicht automatisch im Feld verbreiten.

Was ist jetzt der Unterschied zu einem Gene-Drive, außer dass sich der Gene-Drive automatisch verbreiten sollte? Beide sind artspezifisch, das ist sehr gut. Es ist also nicht wie einige Insektizide, die nicht so spezifisch arbeiten. Man braucht für beide eine Freilassung von Insekten, und natürlich muss man die Insekten erst einmal züchten.

Da sind wir bei einem wichtigen Punkt: Nicht jede Spezies ist so, dass wir schon wissen, dass wir sie in einem großen Maßstab züchten können. Wenn ich Ihnen jetzt zeige, dass wir für einige Sterile-Insekten-Techniken mit der Mittelmeerfruchtfliege Milliarden von Fliegen herstellen – das ist keine Zukunftsmusik, das wird seit Jahrzehnten gemacht. Die werden hergestellt, sterilisiert und freigelassen. Das kann ich aber mit vielen anderen Insekten nicht tun. Der Gene-Drive hätte ein Wahnsinnspotenzial, wenn wir

viel weniger freilassen müssten und für diese gezielten Spezies so ein System einsetzen könnten.

Eine andere Frage, die hier stellt: Wenn wir einen Gene-Drive haben, den ich einmal einsetze und der dann alles bekämpft – welche Firma wird uns das herstellen und einsetzen? Das ist wahrscheinlich eine Diskussion der Redner nach mir, aber eine spannende Diskussion. Denn solche Sachen müssen irgendwo produziert werden, wenn wir sie einsetzen wollen. Und wenn es hier keinen wirtschaftlichen Konsum gibt, wird an so einem Gene-Drive die Industrie vielleicht gar nicht so interessiert sein, wenn das ein 100-Prozent-Gene-Drive ist.

(Folie 11)

Wichtig für uns, wenn wir uns die Genetik jeden Tag im Labor anschauen, ist auch die Stabilität eines Gene-Drives. Der Satz, den Sie hier lesen: „Eine hohe, natürliche Rekombination ist der Treiber für Adaption, Überleben und Fitness jeder Spezies“, das ist eigentlich unser Gegenspieler. Denn es gibt nichts, was immer gleich bleibt. Sie werden genetisch morgen – zumindest einige Ihrer Zellen – anders ausschauen als heute. Auch wenn Sie genauso sein wollen wie gestern: Das wird nicht funktionieren; es wird Veränderungen geben, und die sind normal.

Aber wenn wir uns die Gene-Drives anschauen, hätten wir natürlich gern, dass sie sich nicht verändern. Das können wir aber nur bis zu einem bestimmten Punkt machen. Ansonsten müssen wir mit der Genetik leben und wir werden Mutationen im Gene-Drive-System bekommen. Wir können mit multiplen guide-RNAs, diesen Zielgenen, arbeiten, um hier zu justieren. Und wir sollten nicht nur die Gene-Drive-Systeme entwickeln, sondern uns auch über Rückholssysteme Gedanken machen. Das ist im Endeffekt ein Gene-Drive gegen den Gene-Drive, als Beispiel.

(Folie 12)

Ich möchte Ihnen zeigen, wie das funktioniert. Sie sehen auf der Folie ein Insekt, das wir schon ins Feld freigelassen haben (also hypothetisch; wir haben nichts ins Feld freigelassen).

Wir haben hier ein Enzym, das cas9, was den Drive im Feld machen soll. Jetzt möchten wir dieses Enzym ausschalten, damit der ursprüngliche Gene-Drive aufhört. Das können wir so machen, indem wir eine weitere Linie im Feld freilassen, die einen Gene-Drive trägt, der sich aber nicht selbst vermehren kann, weil er dieses Enzym nicht hat. Er hat also nur homologe Sequenzen und (hier in Grün dargestellt) eine Zielsequenz, die jetzt das Enzym auf dem anderen Strang, wenn die zwei gepaart haben, schneidet und sich dort einbaut. Das heißt, das Enzym cas9 ist hier in einem Suizidsystem, denn es erkennt die guide-RNA, nimmt es, schneidet seine eigene Sequenz kaputt und integriert die grüne Sequenz in alle dieser Enzyme. Am Ende bekommen wir Insekten, wo das Enzym zerstört ist und somit das Ende des Gene-Drives besiegelt ist.

Auch das muss erst einmal in die Population hinein, auch hier muss man sich überlegen: Wie viele dieser Systeme brauche ich gleichzeitig, damit es einen Drive gibt? Aber das wäre ein System, das viele Gene-Drives zielgerecht ausschalten könnte, denn das cas9-Enzym ist ein beliebtes Target oder Enzym, was für diese Gene-Drives verwendet wird.

(Folie 13)

Eine andere Möglichkeit ist ein Sensitizing Drive, ins Deutsche vielleicht zu übersetzen mit konditionaler Drive. Hier wird der Gene-Drive empfindlich gegenüber einem Molekül gemacht. Das heißt, wenn man nun das System gebaut hat und es sich im Feld ausgebreitet hätte, dann müsste man dieses Molekül zum Beispiel ver-

sprühen. Wenn es in Kontakt kommt, kommt es zum Absterben der Gene-Drive-Individuen. Aber das ist unschädlich gegen die Wildtyp-Individuen. Das heißt, man könnte sich den Zeitpunkt aussuchen, an dem der Gene-Drive dann in der Population aufhören soll.

Das sind die zwei Systeme. Wir können nicht alle Möglichkeiten durchgehen, aber Sie sehen, dass die verschiedenen Varianten der Gene-Drives und der Rückholssysteme sehr unterschiedlich sind. Es würde der Wissenschaft nicht guttun, wenn wir nur über den Überbegriff Gene-Drive reden und nicht genau hinschauen.

(Folie 14)

Zusammenfassend möchte ich sagen, dass dies nicht das erste Meeting ist, sondern es wird weltweit schon länger diskutiert. Es gibt schon lange Diskussionen und Schriften, die sich mit Gene-Drive und natürlich CRISPR/Cas beschäftigen. Dieses *Gene-Drives on the Horizon* war als Pamphlet gedacht und ist mittlerweile ein Buch geworden. Da sind viele gute Gedanken schon eingegangen, und ich freue mich, dass wir uns heute hier sehen und weiterdiskutieren.

(Folie 15)

Zusammenfassend der Stand der Forschung: Die Tools, die wir brauchen, um Gene-Drives auch für landwirtschaftliche Systeme zu bauen, sind vorhanden und einsatzbereit für einige Insekten. Unsere Aufgabe ist es, als Forscher die Off-Target-Effekte, also einen ungewollten Drive oder eine Ausbreitung, weiter zu evaluieren und gleichzeitig mit diesen neuen Systemen Backup- und Rückholssysteme zu entwickeln. Denn wenn man etwas rausbringt und es gäbe den Ernstfall, könnte man das gleich mitbehandeln.

Gene-Drive ist wie gesagt nicht gleich Gene-Drive. Gene-Drive-Systeme können erfolgreiche Tools für eine Schädlingsbekämpfung werden,

zusätzlich zur Sterile-Insekten-Technik, zusätzlich zu Insektiziden, die wir auch in der Zukunft haben werden, aber die wir hoffentlich reduzieren können.

Am Anfang haben wir gesagt, dass es immer weniger Insekten gibt; das ist etwas sehr Negatives. Es geht uns nicht darum, Insekten zu minimieren. Wir sind dabei, nachhaltige Schädlingsbekämpfung zu machen, und was die beste Methode dabei ist, das müssen wir erst erforschen und dann entscheiden, was wir nehmen sollten.

Weltweite Regulierungsansätze: Ich weiß nicht, ob wir das hinbekommen, aber es wäre schon schön, hier Regularien zu schaffen. Wie Sie auf der Folie vorher gesehen haben, gibt es hier einige Gremien, die das schon vorantreiben.

(Folie 16, 17)

Danken möchte ich auch meiner Gruppe, die an diesen Systemen arbeitet, den vielen großen Partnern, die für die Evaluation gebraucht werden und die sich hier einsetzen, den Funding-Partners und Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

Diskussion

Moderation: Ursula Klingmüller · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Ich möchte den vortragenden Kollegen herzlich danken und Sie nun ermuntern, Fragen zu stellen.

Bernd Giese

Bernd Giese vom Institut für Sicherheits- und Risikoforschung in Wien. Meine Frage an die Entwickler dieser Systeme: Da zurzeit noch eine Menge Unwägbarkeiten im Zusammenhang mit den Gene-Drives diskutiert werden, ab wann sehen Sie von der Entwicklung her den Zeitpunkt gekommen, dass die ins Feld entlassen werden

könnten? Was ist Ihre persönliche Meinung dazu? Was ist unabdingbar notwendig bis dahin, welche Sicherheiten müssen da sein?

Nikolai Windbichler

Das ist eine sehr schwere Frage. Das ist immer die Frage: wann, wann, wann? Meine Antwort ist normalerweise, dass es wahrscheinlich noch mindestens zehn Jahre dauern wird, bis so etwas im Feld getestet wird. Das ist wie bei der Kernfusion. Wenn Sie mich nächstes Jahr fragen, werden es vielleicht auch noch zehn Jahre sein. Das ist unmöglich abzuschätzen.

Manche Leute drängen darauf, das früher zu testen. In Amerika zum Beispiel ist man risikofreundlicher, und vielleicht wird da eher etwas passieren. Aber mit Malaria denke ich, dass es sicher noch zehn Jahre sind.

Bernd Giese

Welche Bedingungen müssten denn aus Ihrer Sicht erfüllt sein?

Nikolai Windbichler

Technisch sind wir noch nicht so weit. Selbst wenn wir wollten, sind wir noch nicht so weit, dass wir etwas haben, was wir freilassen könnten, dass es den gewünschten Effekt erzielt.

Technische Weiterentwicklung ist ein Aspekt.

Dann gibt es den Aspekt der Akzeptanz. Wer möchte das eigentlich testen, wo?

Dann gibt es den Aspekt der Regulation. Wie lange wird es dauern, bis ein Regelwerk besteht, das es uns erlaubt, solche Konstrukte zu testen? Auch die National Academies of Sciences [NAS] in den USA hat in ihrem Report [*Gene Drives on the Horizon*, 2016] gesagt: Forschen ja, im Labor ja, aber Freisetzen zurzeit nicht.

Marc Schetelig

Wir müssen hier gut testen und erst einmal die Systeme im Labor erforschen. Wenn ich mir vorstelle, als Beispiel, ich denke, in drei Jahren habe ich so ein System, und dann dauert es sieben Jahre – oder ich sage dann: Nein, das macht überhaupt keinen Sinn, weil sich das so und so verhält, dann müsste man weiterentwickeln. Deswegen ist es extrem schwer, auf die zeitliche Frage eine Antwort zu geben; da kann ich mich nur anschließen.

Man muss auch überlegen: Jedes System, was wir irgendwann einsetzen wollen, muss getestet werden, ob im *semi-field cage*, komplett abgeschlossen oder im Freiland, was, wo und wie das überhaupt funktionieren kann. Ein Anfangspunkt ist vielleicht eine Insel wie Bora Bora, wo nichts außenrum ist. Ich will jetzt nicht Bora Bora in den Fokus setzen, aber überhaupt Szenarien zu finden, wo so etwas sinnvoll wäre, und dann die genaue Technik anzusehen und zu schauen, ob das dort Sinn macht. Aber so weit sind wir noch nicht.

Silja Vöneky

Silja Vöneky, Universität Freiburg, Völkerrechtlerin und Rechtsethikerin. Herr Windbichler, was mich ein bisschen erstaunt hat an Ihrem Vortrag (Sie haben ja betont, dass es keine Permanenz habe), ist, dass Sie die Non-Target und Off-Target Effects, also die unbeabsichtigten Effekte von Gene-Drives, nicht erwähnt haben. Da ich die Diskussion in den USA kenne und weiß, dass dort sehr prominente Forscher vor den Gefahren von Gene-Drives warnen, hat mich die etwas abschwächende Darlegung von Gene-Drives und der Gefahren und Risiken etwas erstaunt. Dann hätte die NAS ja keinen 200-Seiten-Report schreiben müssen, wenn das alles unproblematisch wäre.

Die zweite Frage: Wenn das alles nicht permanent ist, wofür brauchen wir dann die Rückhol-systeme, von denen Herr Schetelig gesprochen hat?

Die dritte Frage: Mich als Juristin interessiert immer, wie zufrieden Sie mit den gesetzlichen Normierungen sind. Sie forschen in Großbritannien und Sie in Deutschland. Sind Sie zufrieden mit dem, was wir an gesetzlichen Regeln für Ihre Forschung haben?

Nikolai Windbichler

Zu den Off-Target-Effekten: Meinen Sie die Schnitte von cas9 woanders im Genom?

[Silja Vöneky, ohne Mikro, unverständlich]

Ja, es ist immer leicht zu sagen, was könnte alles passieren? Da kann man alles Mögliche sagen. Meine Antwort war eigentlich eine andere: Sind die Moskitos, die wir jetzt in Afrika haben, nicht genetisch modifiziert? Meine Antwort ist: Das sind sie. Denn wir haben seit fünfzig Jahren Insektizide gesprüht und wissen: Da haben sich Gene amplifiziert, da gibt es Mutationen in den Insektizid-Zielgenen, die haben ein anderes Verhalten, eine andere Biologie. Das sind andere Moskitos, die haben wir schon verändert.

Auch da kann man fragen: Was sind die unvorhersehbaren Effekte? Mit diesem „Was könnte alles passieren?“ kann ich wenig anfangen. Dazu habe ich keinen Zugang.

[Zwischenrufe, unverständlich]

Ja, wir wissen das nicht, das müssen wir weiter testen. Das ist alles noch sehr jung. Die ersten Gene-Drives mit CRISPR/Cas9 wurden 2016 publiziert. Das steckt noch in den Kinderschuhen. Wir müssen im Labor forschen; dann werden wir wissen, welche anderen Effekte es gibt.

Marc Schetelig

Zur Frage: Warum entwickeln wir Rückholssysteme, wenn es nicht funktioniert? Es gibt viele Modelle, die rechnen wir bzw. andere Gruppen durch: Was könnte unter diesen Szenarien passieren? Wenn man Risikoforschung macht, muss man überlegen: Was könnte im Ernstfall passieren und wie bin ich darauf vorbereitet? Das machen wir nicht nur bei Gene-Drive-Fragen, sondern auch bei GVOs [genetisch veränderten Organismen], bei Transgenen oder anderen Modellen, um uns darauf vorzubereiten: Was, wenn?

Wenn wir es dann nicht brauchen, hätten wir es erforscht und könnten entscheiden: Ist das was? Und könnten zusammen auch weiterentwickeln. Denn wenn wir es bräuchten und wir haben uns keine Gedanken darüber gemacht, dann ist es schlecht, weil man sagt: Ja, jetzt bräuchte ich etwas, das dauert aber noch sieben Jahre, bis ich es entwickelt habe. Deswegen überlegt man das in die Richtung an vielen Stellen in der Forschung jetzt schon.

Rüdiger Stegemann

Stegemann vom BUND und von der Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft [AbL] Baden-Württemberg. Herr Schetelig, Sie haben Ihren Beitrag fundiert mit der Einführung über das Weltbevölkerungswachstum. Daraus haben Sie abgeleitet: Wir brauchen eine Vermehrung, quantitativ vor allen Dingen, in der Ernährungsproduktion. Sind Sie sicher, dass diese etwas einfache Analyse der Welternährungssituation und der Projektion wirklich auf der richtigen Analyse der Situation beruht?

Meine Referenz zur Via Campesina, sprich AbL, kommt nicht von ungefähr. Unsere Analyse der Welternährungsprobleme ist eine völlig andere: Die quantitative Bevölkerung wächst, ganz klar. Aber die Ernährungsprobleme haben weder et-

was mit Flächennutzung (Flächenausdehnung oder -verlusten) noch mit quantitativen Ertragssteigerungen zu tun. Das haben Sie aber als einziges Fundament für die Legitimation Ihrer dann folgenden Ausführungen gemacht. Sind Sie sicher, dass das die richtige Analyse der Basis ist? Nach auch biografischer Beschäftigung mit Welternährungsfragen im globalen Süden sind die Ursachen der Probleme völlig andere, als dass sie eine rein quantitative Antwort überhaupt legitimieren.

Marc Schetelig

Ich gebe Ihnen recht, dass das nicht das ganze Bild der Welternährung ist. Ich habe auch einige andere Beispiele genannt. Zurzeit ist genug Essen vorhanden; wenn wir das verteilt bekämen, hätten wir kein Problem. Da bin ich voll bei Ihnen. Es gibt auch viele andere Faktoren, die wir noch diskutieren können.

Wenn wir uns überlegen, dass viele Agrarprodukte weltweit aber auch zerstört werden in der Schädlingsbekämpfung durch die Systeme, die es gibt, sehe ich hier eine Option, die Natürlichkeit und biologische Schädlingsbekämpfung zu verbessern. Hier sehe ich eine Option. Das Gesamtbild – wie gesagt, ich habe mir einen Teil herausgepickt, und wenn ich hier nicht den kompletten Ball der Welternährung mit abbilden konnte, ist das auch der Zeit geschuldet.

Ursula Klingmüller

Herzlichen Dank an die Sprecher und die Diskutanten. Ich übergebe jetzt an meine Kollegin Sigrid Graumann.

Sigrid Graumann

Ich darf jetzt überleiten zum nächsten Teil des Programms. Wir haben in den ersten beiden Beiträgen gehört: Welche Instrumente gibt es, welche Methoden und was sind die Anwendungsbe-

reiche? Flapsig gesagt: Was geht? Oder was wird in Zukunft gehen?

In den nächsten beiden Beiträgen geht es darum, welche Folgen die Entwicklungen haben können und wie diese Folgen einzuschätzen sind.

Dafür darf ich Ihnen als ersten Redner im zweiten Teil Arnim von Gleich vorstellen. Wie Sie schon gemerkt haben, auch im ersten Teil des Programms, geben wir keine komplette Personenvorstellung mit Biografie, denn Sie haben in der Tagungsmappe biografische Informationen zu den einzelnen Rednern, und so sparen wir etwas Zeit. Arnim von Gleich, Technikfolgenabschätzung, Universität Bremen.

Technikfolgenabschätzung

Arnim von Gleich · Universität Bremen

(Folie 1)

Vielen Dank. Wir sind mitten in der Diskussion. Bei Herrn Windbichler hat sich herausgestellt: Permanenz und Unaufhaltsamkeit sind ein Thema. Bei Herrn Schetelig hat sich herausgestellt: Es geht um Rückholbarkeit, also auch um Unaufhaltsamkeit. Danach wurde diskutiert, ob wir uns mit der Frage beschäftigen müssen, was alles passieren könnte. Ich plädiere dafür, dass man sich mit dieser Frage beschäftigt, allerdings auf einer rationalen Grundlage, nicht auf einer spekulativen Grundlage.

(Folie 2)

Was wir machen, nennen wir prospektive Technikfolgenabschätzung [TA]. Es ist noch wenig richtig in der Anwendung. Wir machen eine Forschungs- und Entwicklungsfolgenschätzung, nicht Technikfolgenabschätzung; wir versuchen es zumindest.

Ich möchte Ihnen den Unterschied zwischen Risiko und Vorsorge näherbringen und dann in die Technikcharakterisierung der Gene-Drives hineingehen. Da kommen Sachen zur Sprache, die schon angesprochen wurden. Wir werden uns bei einer prospektiven Technikfolgenabschätzung nicht mit Chancen und Risiken beschäftigen können, sondern mit Besorgnisgründen und Nutzenversprechen. Das heißt, beide Aussagen über die mögliche Wirkungen dieser Technologie sind noch spekulativ, zumindest mit hoher Unsicherheit behaftet. Technikfolgenabschätzung als Wissenschaft hat die Aufgabe, diese Unsicherheit etwas zu reduzieren. Wir versuchen das, indem wir auf der Gefährdungsseite Besorgnisgründe identifizieren: Gibt es Gründe, dass es wirklich ein größeres Problem geben wird?

Wir versuchen auch die Nutzenversprechen zu hinterfragen: Was spricht dafür, dass diese Technik diesen Nutzen, wie er versprochen worden ist, auch bringen kann?

Und wir würden gern darüber nachdenken, wie man möglicherweise risikoarme Entwicklungswege gestalten könnte.

(Folie 3)

Wir setzen also früh im Innovationsprozess an. Das ist hier dargestellt mit Forschung, Entwicklung, Design, Produktion, Nutzung und Entsorgung; das sind die Phasen des Innovationsprozesses. Wir Technikfolgenabschätzer machen auch hinten, bei Nutzen und Entsorgung, Arbeit, zum Beispiel Ökobilanzen. Aber da brauchen wir das Produkt auf dem Markt und wir brauchen unheimlich viele Daten, und dann können wir etwas sagen. Je weiter wir nach vorne kommen, desto unsicherer werden die Informationen. Aber wir haben einen Vorteil, wenn wir da vorne arbeiten: Denn die Entscheidungsmöglichkeiten sind größer und die Pfadabhängigkeiten sind ge-

ringer. Je weiter ich im Innovationsprozess fortgeschritten bin, desto schwieriger wird es, umzusteuern, einen anderen Weg zu gehen. Hier vorne haben wir große Möglichkeiten, andere Wege zu suchen, wenn wir sagen: Oh, das ist ein Weg, da könnte es ein Problem geben; lass uns schauen, ob wir einen anderen Weg finden.

Wir betrachten Paradigmen der wissenschaftlichen Disziplin, wir betrachten deren Methodik: Mit welchem Modell wird gearbeitet, was wird im Experiment ausgeschlossen? Natürlich werden die verbesserten Funktionalitäten betrachtet, und dann kommen wir zu den Nutzen-, Gefährdungs- und Expositionspotenzialen, die ich gerade als Gründe für Besorgnis bezeichnet habe. Wenn wir wirklich Erfolg haben, können wir sogar Empfehlungen für Designprinzipien geben.

(Folie 4)

Wenn wir über Risiko sprechen, haben wir ungeheure Wissensanforderungen. Risiko, so wie es in der Forschung auch diskutiert wird, wird gemeinhin definiert als Funktion von Gefährdungspotenzial und Exposition bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit. Ich brauche also viel Wissen über diese beiden Elemente des Risikodiskurses. Vorsorge kommt dann ins Spiel, wenn auf beiden Seiten oder zumindest einer Seite dieses Risikoterms große Unsicherheit existiert.

Die Studie der National Academies of Science ist schon zur Sprache gekommen. Ich habe dort herausgenommen, welche Vorstellung dort existiert, wie man mit Risiko (die verwenden den Begriff tatsächlich so, obwohl es prospektiv ist) so etwas machen könnte. Sie sagen, da gibt es Quellen, Stressoren, Habitate, Effekte und einen Impact; die könnten wir alle untersuchen.

Wir können es tatsächlich, wir können modellieren. Das Problem ist aber, dass sich das auf das konzentriert, was wir noch nicht wissen, als

Noch-nicht-Wissen bezeichnen. Wir wissen, dass wir etwas noch nicht wissen, und weil wir das wissen, können wir es erforschen. Das Problem bei der Technikfolgenabschätzung ist aber, dass wir es nicht nur mit Noch-nicht-Wissen zu tun haben, sondern möglicherweise auch mit Ahnungslosigkeit.

(Folie 5)

Vorsorge – da haben wir Erfahrungen. Kurz das FCKW-Beispiel: Die FCKWs wurden eingeführt als sichere Alternative für gefährliche Kühlmittel. Jemand hat sie eingeatmet, hat eine Kerzenflamme ausgepustet und gesagt: „Siehst du, es ist nicht toxisch und es ist nicht brennbar, es ist das absolut sichere Mittel.“ Wenn da einer aufgestanden wäre und gesagt hätte: „Aber in dreißig Jahren landen die oben in der Stratosphäre, und da werden sie dann doch geknackt und dann machen sie in einer hunderttausendfachen Folgereaktion die Ozonschicht kaputt“, hätte jeder gesagt: „Setz dich nieder.“ Denn wenn ich beliebig Hypothesen aneinanderreihe, bin ich bei der dritten Hypothese immer schon beim Weltuntergang.

Was hätte man aber wissen können? Man hätte wissen können, dass diese FCKWs naturfremd, flüchtig und persistent sind. Diese Eigenschaften führen zu einer extrem hohen Exposition. Über das Gefährdungspotenzial hätten wir nichts gewusst, aber das Expositionspotenzial hätten wir erfassen können. Und dann hätte einer aufstehen können und sagen: „Vorsicht, Leute, wenn ihr das freisetzt, ihr holt das nicht wieder zurück und ihr wisst nicht, wo das landet, und die Welt ist groß und es gibt offensichtlich auch zehntausend Meter über der Erdoberfläche eine Situation, mit der ihr nicht gerechnet habt, nämlich eine sehr harte UV-Strahlung.“

Deswegen versuchen wir so etwas mit einbeziehen. Auch hier versuchen wir nach Besorgnisgründen zu suchen, also nicht einfach zu sagen: Das könnte passieren, sondern: Gibt es Indizien, dass das passieren könnte?

Und wir suchen Entlastungsgründe (darauf kommen wir gleich).

Aber diese Vorsorgemaxime würde ich gern immer vertreten und allen Forschern und Entwicklern mit auf den Weg geben. Ich habe gehört, dass das durchaus angekommen ist. Die Frage des korrigierenden Eingreifens war schon das Thema der Rückholssysteme, also: Handle so, dass du noch korrigierend eingreifen kannst, wenn etwas schief läuft.

(Folie 6)

Heute gibt es die Charakterisierung der Technologie. Wir versuchen mit dem Kriterium Eingriffstiefe zu arbeiten. Eingriffstiefe bedeutet: Ich setze technisch nicht an den Phänomenen an, sondern an denjenigen Strukturen, die die Phänomene weitgehend steuern, also an den Atomen, an der Molekülstruktur und an den Genen. Das gibt uns eine größere Macht über die Gegenstände, als wenn wir an den Phänomenen ansetzen würden.

Deswegen ist das technische Ansetzen an den Genen eine Eingriffstiefe-Technologie, weil sie uns mehr Macht über die Organismen gibt, als wenn ich nur an den Phänomenen ansetzen würde, und sie ist genauso mächtig, genauso weitreichend oder begrenzt weitreichend, wie die Gene die Phänomene bestimmen. So einfach ist das nicht, wie wir inzwischen wissen, aber in gewissem Sinne tun sie das.

Das erzeugt ein hohes Wirkpotenzial, also Mächtigkeit über das Phänomen, und es erzeugt ein hohes Expositionspotenzial.

Als Nächstes würden wir darüber nachdenken, wie sicher diese Technik ist. Das hatten wir schon mit dem Off-Target-Effects. Wenn ich diese Technik verwende, was kann da schiefgehen? Das ist der zweite Blick auf diese Technik: die Analyse der Vulnerabilität, des Schwachpunkts. In den Ingenieurwissenschaften ist das absolut üblich und etabliert.

Dann kommt die dritte Möglichkeit, auf die ich heute nicht eingehen kann, weil wir die Situation noch nicht so haben: Ich schaue die Systeme an, in die eingegriffen wird, und suche nach Schwachpunkten: Wo sind die Punkte im betroffenen System? Wenn ich die treffe, erzeuge ich möglicherweise Wirkungen, die von der Wirkungshöhe so ähnlich sind wie die Eingriffstiefe. Es gibt also auch eine Eingriffstiefe in das System; bei den FCKWs haben wir das gerade gelernt.

Erst dann komme ich zu Einsatzziele und Einsatzkontexten. Damit hat sich die Technikbewertung seit Langem beschäftigt. Da kommt auch die Frage militärische Nutzung usw. Das wird heute außen vor bleiben. Wir beschäftigen uns mit dem vorderen Teil.

(Folie 7)

Das ist die Zusammenfassung der Struktur in Absetzung von der Struktur, wie sie von den Academies of Sciences vorgestellt worden ist.

(Folie 8)

Was haben die Forscher und Entwickler eigentlich für Paradigmen? In der Gentechnik spielen mehrere Paradigmen zusammen. Wir haben ein längeres Projekt über die synthetische Biologie gemacht; da haben wir das auch veröffentlicht.

Wir haben ein biochemisches Paradigma, wir haben ein molekularbiologisches Paradigma und wir haben ein Informationsparadigma, das ist üb-

rigens in der Gentechnik etabliert. Gene sind Informationen.

Ich kann mich noch gut an die Behauptung erinnern, das ist wie bei einem Tonband. Ich habe da ein Lied auf einem Tonband, das kann ich raus-schneiden und an eine andere Stelle setzen, und dann funktioniert das Ganze so und so. Wir haben gelernt, dass das so nicht funktioniert. Wir wissen, dass es Positionseffekte gibt. So einfach ist es also nicht mit dieser Informationsinterpretation von Genen. Das war ein Lernprozess.

Was man aber sagen kann, ist: Diese ersten drei sind reduktionistische Paradigmen. Wirklichkeit muss radikal reduziert werden, um sie wissenschaftlich bearbeiten zu können.

Erst die vierte, die Systembiologie, hat es geschafft, die Komplexität des Organismischen voll in den Blick zu nehmen.

Umgang mit Instabilität, Selbstorganisation, Emergenz und Evolution – das sind die Fragen, mit denen sich eine nichtreduktionistische Biologie auseinandersetzen müsste.

(Folie 9)

Dies haben wir schon gehabt.

(Folie 10)

Dies haben wir eigentlich auch schon gehabt. Natürlich gibt es relevante Nutzenversprechen. Es wurde darauf hingewiesen, was auf dem Spiel steht, was wir eigentlich lösen wollen. Das betrifft nicht nur die Gesundheit, sondern auch die Ökologie: Invasive Arten – haben wir überhaupt eine Chance, dagegen effektiv etwas zu tun? So auch im Naturschutz. Das ist ganz wichtig.

(Folie 11)

Gibt es in dieser Technologie Gründe für eine Entlastung, die man in die Waagschale werfen könnte?

Sie ist wesentlich präziser als die bisherige Gentechnik. Die bisherige Gentechnik kam einem manchmal vor wie: Wir schießen mit einer Schrotflinte und wissen nicht genau, was dann passiert. Jetzt wissen wir ziemlich genau, was passiert, und wir wissen auch, wie wir schneiden und wie wir es einsetzen.

Das wird auf jeden Fall Nebenwirkungen wie Positionseffekte vermeiden können, sofern es keine Non-Target- oder Off-Target-Effekte gibt, mit denen aber gerechnet werden muss.

Genauso ist der Verzicht auf Markergene, gerade bei Antibiotikaresistenz, ein Riesenfortschritt.

Natürlich müssen wir uns die Organismen anschauen, die Self-Repair-Kapazitäten haben. Auf diesen Self-Repair-Kapazitäten beruht ja diese Technologie, über die wir heute reden.

Oder: Gibt es Möglichkeiten der Einhegung?

(Folie 12)

Es gibt also Gründe für Besorgnis, dass diese Technologie zu größeren Problemen führen kann, die die Inanspruchnahme des Vorsorgeprinzips erfordern. Dies sind die hohe Eingriffstiefe, die hohe Wirkmächtigkeit, gerade die langen Wirkungsketten.

Wichtig ist auch: Alle Veränderungen an biologischen Organismen, die freigesetzt werden, sind kaum rückholbar. Diese Technologie ist *designed to spread*. Das ist nicht nur: Ich setze es frei und weiß nicht, ob ich es jemals wieder zurückholen kann, sondern: Hier mache ich etwas, von dem ich erwarte – und ich mache es genau so, dass es sich in der Organismenwelt ausbreitet. Das ist etwas, was mitreflektiert werden muss. Deswegen dieser Begriff *mutagenic chain reaction*. Da ist schon was dran.

Wir haben über Nichtwissen und Überraschungen gesprochen. Wir wissen wenig, aber wenn

wir mit dieser Technik auf die Natur zugehen, wird das Nichtwissen technisch erhöht. Deswegen kann es auch mit einer anderen Technik technisch wieder erniedrigt werden. Das wäre für mich eine fundamentale Interpretation des Vorsorgeprinzips. Wie viel Nichtwissen produziere ich und kann ich es eventuell durch einen anderen Ansatz wieder reduzieren?

Wir haben ein hohes Expositionspotenzial; das ist wahrscheinlich das Wichtigste, wenn wir uns mit dieser Technik befassen. In der Chemikalienregulierung ist es inzwischen so: Wenn ich eine neue Chemikalie in die Umwelt entlassen, muss ich nach REACH [Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals] eine Vorstellung über das Schicksal dieser Chemikalie in der Umwelt haben. Das wäre auch für diese Technik eine fundamentale Forderung.

Wichtig ist auch: Kann ich das monitoren? Wenn ich etwas freigesetzt habe, habe ich eine realistische Chance, zu verfolgen, wie es sich in der Umwelt ausbreitet? Das wäre im Sinne der Fragestellung von vorher eine der Voraussetzungen für die Freisetzung. Ich würde keine Freisetzung gutheißen, in der nicht das Monitoring geklärt ist: Wie mache ich das, kann ich das wirklich?

Die Rückholbarkeit haben wir diskutiert, Ökosysteme haben wir diskutiert und die Persistenz, die Dauerhaftigkeit, haben wir auch diskutiert.

(Folie 13)

Es gibt also Gründe für Besorgnis.

(Folie 14)

Wir können uns ein Beispiel anschauen. Das ist eines, was in der Freisetzung tatsächlich funktioniert hat, also was freigesetzt wurde: Das ist die Oxitec-Freisetzung von *Aedes aegypti* mit einem letalen Gen. Das ist kein Gene-Drive, aber eine Vorform. Es ist eine Self-Limiting Strategy. Die-

se Larven sterben, wenn kein Tetracyclin vorhanden sind.

Wir haben aber festgestellt, und das ist das Nichtfunktionieren, die Nebenwirkung: Drei Prozent schlüpfen auch ohne Tetracyclin. Wenn die auf Katzenfutter gezüchtet werden, dann sind es plötzlich 15 bis 18 Prozent, weil es da [...] gibt als Verunreinigung der Umwelt. Herr Windbichler, Sie hatten vorhin gesagt, ich will mich nicht damit beschäftigen, was alles passieren kann. Aber das sind Dinge, mit denen man sich plötzlich beschäftigen muss, was alles passieren kann, weil etwas da ist, mit dem ich nicht gerechnet habe.

Es gibt noch andere Probleme, dass möglicherweise eine andere *Aedes*-Art [eine Nische] übernimmt und möglicherweise noch größere Problem mit sich bringt.

(Folie 15)

Es gibt noch andere Instabilitäten in dieser Technik. Das Silencing ist bekannt, dass die Expression gestoppt wird. Es gibt Resistenzbildung, es gibt möglicherweise die Entstehung noch virulenterer Stränge, was sicher auch ein Problem ist, und die Non-Target Effects.

(Folie 16)

Risikoarme Entwicklungswege. Mir hat diese Publikation von Alphey gefallen. Denn wir sind nicht die Einzigen, die sich mit dieser Form von Technikcharakterisierung beschäftigen. Er hat es auch gemacht und hat versucht, die neuen Technologien zu klassifizieren in Self-Limiting, also diejenigen, die sich, wenn ich sie entlasse, selbst wieder reduzieren, weil sie sich nicht unendlich ausbreiten (wenn sie denn so funktionieren, wie wir uns das vorstellen), und in Self-Sustaining, also in Technologien, die sich in der Umwelt etablieren werden. Das finde ich eine nicht unin-

teressante Klassifikation. Ich kann aber aus Zeitgründen nicht weiter darauf eingehen.

(Folie 17)

Ich komme zum Schluss. Es gibt hinreichend Gründe für die Etablierung des Vorsorgeprinzips in diesem Bereich. Was wir als Wissenschaftler machen: Wir versuchen, Besorgnisgründe und Nutzenversprechen zu analysieren. Was die Politik machen muss, ist diese Abwägung.

Wenn meine beiden Vorredner die Ernsthaftigkeit des Problems als Begründung für ihre Forschung nehmen, dann muss man vorsichtig sein als Wissenschaftler. Denn ob ich dieses Risiko auf mich nehmen will, ob das Nutzenversprechen mit den Gefährdungsgründen oder den Besorgnisgründen überhaupt in eine Waagschale zu bringen ist, das sollten nicht wir Wissenschaftler entscheiden, möglicherweise auch nicht unbedingt diskutieren. Aber wir sollten unsere ganze wissenschaftliche Kompetenz darauf verwenden, diese Besorgnisgründe zu analysieren und auch das Nutzenversprechen zu analysieren.

Ob wir dann Gene-Drives wieder mit Gene-Drives eliminieren wollen, da wäre ich erst einmal vorsichtig; ich habe das mit dem Beelzebub mal ganz vorsichtig hier eingebracht.

Was aber wichtig ist (und das war auch ein Votum aus dem Publikum): Wenn wir für bestimmte Probleme Lösungsstrategien diskutieren, sollten wir immer die ganze Breite der Strategien – wir müssen vergleichende Strategien zum Beispiel für die Bekämpfung von Malaria, für die Lebensmittelversorgung usw. einbeziehen.

(Folie 18)

Was können wir vielleicht gemeinsam in Zukunft tun? Ich mache Werbung dafür, dass Innovationsprozesse gesellschaftlich weit geöffnet werden. Das tut die Industrie inzwischen schon,

aber nur, indem sie die Verbraucher mit einbezieht. Open Innovation ist inzwischen ein gängiges Thema. Aber eine richtige Öffnung des Innovationsprozesse wäre hochinteressant.

Wir müssen eine Methodik entwickeln für diese Abwägung, für die Identifizierung von Besorgnisgründen und Nutzenversprechen und möglicherweise für die Abwägung. Da gibt es hochinteressante Perspektiven. In der EU wird nachgedacht über Responsible Research and Innovation und – noch viel interessanter – über New Governance, also über neue Formen der Gesetzesfolgenabschätzung, wo genau solche Abwägungsprozesse eine große Rolle spielen können. Natürlich wäre es spannend, auch Finanzierung und Manpower für die Entwicklung alternativer Entwicklungspfade zu bekommen.

(Folie 19)

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit.

Sigrid Graumann

Herzlichen Dank. Das war eine gute Überleitung. Denn es geht nicht nur darum, die Folgen der Technik zu bestimmen, sondern es muss auch einen Ort geben, wo über die Technik und die Technikfolgen gesprochen wird, und das sind die Medien.

Damit möchte ich das Wort an Julia Diekämper geben vom Museum für Naturkunde in Berlin, die auch in einem der Projekte des BMBF [Bundesministerium für Bildung und Forschung] mitarbeitet und die sich mit den Technikfolgen beschäftigt. In ihrem Vortrag geht es um die öffentliche Wahrnehmung des Genome Editing.

Zur öffentlichen Wahrnehmung des Genome-Editings

Julia Diekämper · Museum für Naturkunde, Berlin

(Folie 1)

Vielen Dank. Meine Damen und Herren, es herrscht nicht viel Einigkeit, seit CRISPR/Cas eine neue Wendung im Kontext des Genome Editings initiiert hat. Schnell war von einer Revolution die Rede, und Revolutionen betreffen bekanntermaßen nicht nur die Laborstube einiger, sondern die Lebensführung vieler, wenn nicht gar aller Menschen. Aus einer regulatorischen Binnenperspektive zeigt sich, dass bei aller juristischen und ethischen Unentschiedenheit, wie Verfahren des Genome Editings nun zu beurteilen seien – davon zeugen die zahlreichen Stellungnahmen –, ein einziger oder einer der wenigen Konsense darin besteht, dass eine Öffentlichkeit frühzeitig in den Aushandlungsprozess einbezogen sein sollte.

(Folie 2)

Öffentlichkeit erscheint notwendig und erwünscht von denjenigen, die Wissenschaft betreiben, verantworten und beobachten. 2016 haben die National Academies of Science, Engineering und Medicine unter dem Titel *Gene-Drives on the Horizon* Stellung bezogen. Auch hier ging es um die Einbeziehung der Öffentlichkeit: Es sei entscheidend, diejenigen einzu beziehen, die direkt betroffen sind (Stakeholder und eine weitere Öffentlichkeit), und das sei deshalb notwendig, weil eine solche Einbeziehung dazu beitragen könne, Risiken zu rahmen und zu definieren, die für politische Entscheidungsprozesse relevant seien.

Dieses Oberflächenphänomen eröffnet die Frage: Warum muss die Öffentlichkeit oder besser die Öffentlichkeiten einbezogen sein?

Verfahren des Genome Editings haben potenziell Auswirkungen auf Tier- und Pflanzenzucht, auf die Beschaffenheit von Krankheitserregern und Mikroorganismen. Sie finden Anwendung in der somatischen Gentherapie, sie machen Keimbahn eingriffe möglich und sie zeitigen – das machen insbesondere Gene-Drive-Systeme deutlich – evolutionäre Folgen. Es geht darum, was wir essen, wie wir uns fortpflanzen, welches Verständnis wir von Gesundheit und Umwelt haben. Öffentlichkeit muss also nicht nur einbezogen werden, weil es das allgemein-moralische Problem gibt, ob man in Genome eingreifen darf, sondern auch weil ein potenzieller Einsatz tief in den Lebensalltag jedes Menschen eingreifen würde und insofern ein ethisches Problem impliziert.

Eine erste Antwort lautet: Wir brauchen Öffentlichkeit aus normativen Gründen, weil sie betroffen ist. Die Öffentlichkeit, die hier angesprochen ist, sind Bürger/innen, Wähler/innen, Patient/innen, Konsument/innen auf der einen Seite und die Menschheit als Ganzes oder umfassender: die Schöpfung auf der anderen Seite.

Zu einer allgemeinen moralischen Problemlage tritt also eine eudämonistische, eine, die das gute Leben betrifft. Das sind zwei unterschiedliche normative Diskursstränge, die sich zwar im öffentlichen Diskurs verschränken, aber anderen normativen Prämissen folgen und in unterschiedlichen Wertehorizonten, die Gattung oder das gute Leben betreffend, verortet werden müssen.

Die Fragen, die in dieser Öffentlichkeit gestellt werden, lassen sich sortieren und wir kennen sie aus anderen Debatten: Wann beginnt schützenswertes Leben? Das ist die moralische Perspekti-

ve. Die eudämonistische stellt Fragen wie: Was sind wir bereit, in Bezug auf Behandlung von Krankheit zu tolerieren? Wie verhält sich das Vorsorgeparadigma zum Paradigma der Innovation? Beide Fragenkomplexe sind in der öffentlichen Aushandlung virulent. Die eine fußt auf moralischen Intuitionen, die andere betrifft normativ aufgeladene alltägliche Hintergrundüberzeugung.

Man könnte nun diese unterschiedlichen Fragenkomplexe mit Unterscheidungen der allgemeinen Moralphilosophie von Kant bis Habermas angehen oder mit denen der Ethik des guten Lebens. Es geht dann um die rationalen Gründe, Fundamente oder Ziele der einen wie der anderen Perspektive. Meiner Meinung nach ist es zwar eine notwendige und der Aufklärung verpflichtete Vorgehensweise, aber sie ist nicht hinreichend, um das zu erfassen, was im öffentlichen Diskurs wirklich geschieht, denn beide Perspektiven reduzieren die Öffentlichkeit im Blick auf die Wissenschaftskommunikation auf eine rationale Zustimmungsinanz, auf die Rolle als Empfänger von Informationen, Begründungen und Wissen. Und das missachtet meinem Verständnis nach die Eigengesetzlichkeit öffentlicher Aushandlungsprozesse.

(Folie 3)

Insbesondere vor dem Hintergrund digitaler Medien scheinen Informationen und Wertung unendlich verfügbar. Social-Media-Kanäle spielen für das Genome Editing eine bedeutende Rolle. Unter CRISPR/Cas9-News lassen sich auf Facebook mit einem Klick etwa aktuelle Publikationen in die eigene Timeline katapultieren.

Das ist die eine Seite. Und die andere?

Das Bundesinstitut für Risikobewertung veröffentlicht halbjährlich einen Verbrauchermonitor, der danach fragt, wie die Öffentlichkeit zu The-

men des gesundheitlichen Verbraucherschutzes steht. 2017 nahm es erstmals die Verfahren des Genome Editings in den Blick und attestierte dem Verfahren einen nur überschaubaren Bekanntheitsgrad.

Umfragen wie diese erheben aber nur Informiertheit, erfassen aber nicht die normativen Hintergrundüberzeugungen und Einstellungen. Um eine Reduktion der Öffentlichkeit zu vermeiden, gilt es tatsächlich stattfindende Aushandlungen der Verfahren in den Blick zu nehmen.

Wie zeigt sich, dass die Öffentlichkeit sich ihr eigenes Bild macht? Sie artikuliert nicht nur gute Gründe, sondern sie hat intuitive, wertende, emotionale, interessen geleitete Einstellungen zu diesen Verfahren. Diese Einstellungen beeinflussen nicht nur die Akzeptanz der Verfahren, sondern auch die juristischen und politischen Regulierungsprozesse.

(Folie 4)

Lassen Sie uns zunächst einen Blick auf das Aufgreifen dieses Themas an einem öffentlichen Ort schauen, den Printmedien. Sie können schließlich als Indiz und Indikator dienen, welche Themen als relevant erachtet werden und in welchem Wertesystem diese eingebunden sind. Medien sind nicht *die* Öffentlichkeit, sie spielen aber eine zentrale Rolle, weil sie zum einen auf Augenhöhe der Wissenschaft die Themen verhandeln, zum anderen auf Augenhöhe einer Öffentlichkeit operieren, die auf Vermittlung dieser Themen angewiesen ist.

Bei aller Ausdifferenzierung möglicher Informationskanäle (etwa Museen, Blogs, Internetforen, Akademien, Ethikräte) ist es sinnvoll, hierfür diejenigen Beiträge in den Blick zu nehmen, die in den vergangenen Jahren in auflagenstarken überregionalen Zeitungen und Zeitschriften erschienen sind.

Aus einer diskursanalytischen Perspektive ist es dabei augenscheinlich, inwiefern die hier stattfindenden Diskurse orts- und zeitspezifisch sind. Für eine Analyse spricht aber dreierlei: zum einen die Kontinuität der Berichterstattung, zum anderen spielt hier die Frage von Vertrauen eine Rolle: Wem sind wir bereit, Vertrauen zu schenken? Zuletzt sind die Printmedien für eine Analyse auch deshalb aufschlussreich, weil die Themen hier zwar auf eine allgemein interessierte und sicherlich auch gebildete Öffentlichkeit treffen, allerdings auf eine, die nicht zwangsläufig nach den Themen der Gentechnologien sucht – im Gegensatz zu denjenigen, die zum Beispiel nach CRISPR/Cas9 googeln.

Worum geht es nun in der Berichterstattung zum Genome Editing in der ersten Schicht, auf einer inhaltlichen Ebene?

(Folie 5)

Die Berichterstattung beginnt nach der Entdeckung von CRISPR/Cas9 mit einer gewissen Verzögerung, nimmt dann allerdings schnell an Intensität auf. Auffallend ist, dass CRISPR es [...] einen konkreten Anlass in die Medien schafft. Die *Zeit* widmet ihr etwa im Juni 2016 eine Serie unter dem Titel „CRISPR – Evolution zum Selbermachen“. Natürlich gab es auch konkrete Anlässe, wie die Tagung des Deutschen Ethikrates vergangenes Jahr oder die Übernahme Bayer/Monsanto.

Die Fokussierung auf die Methode ist inzwischen konkreten Anwendungs- und Anwendungsfolgen gewichen, oft mit Blick auf entsprechende Publikationen, etwa in *Science* oder *Nature*.

(Folie 6)

In Bezug auf die unterschiedlichen Anwendungsfelder dominieren insbesondere 2016 mögliche landwirtschaftliche Nutzungen; diese werden vermutlich im kommenden Jahr noch mal an

Fahrt aufnehmen. Hier geht es nicht nur um die Frage der Zulässigkeit, sondern auch um die Bewertung von Prozess und Produkt.

Den anderen Hotspot – auch davon haben wir schon gehört – bilden Keimbahneingriffe, die heute als weitaus diskutabler erscheinen als zur Zeit eines absoluten Embryonenschutzes; denken wir nur an die jüngsten Meldungen aus den USA.

Die Beiträge dienen mir als Indiz dafür, dass innerhalb dieser Aushandlung scheinbar starre Wertegegensätze in Bewegung sind und sich eine diskursive Normverschiebung, wenn Sie so wollen: ein Norm-Drive ereignet.

(Folie 7)

Zweite Schichtung: Wer berichtet wo?

Die Beiträge sind vorrangig den Wissenschaftsseiten überlassen und werden primär von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Redaktion verfasst. Zudem erweitern Gäste das Spektrum der Schreibenden.

Wessen Expertise wird eingeholt? Diese reichen vom Präsidenten der Leopoldina Jörg Hacker über den Direktor des Forschungsinstituts für biologischen Landbau Urs Niggli oder den Theologen Wolfgang Huber bis zur Philosophin und Romanautorin Thea Dorn, die in der *Zeit* explizit über die Frage der Wissenschaftskommunikation nachdenkt.

Dritte Schichtung: Prägende Bilder.

Während auf institutioneller Seite der Ruf nach Konsensuspapieren erklingt, darf man aus den Erfahrungen anderer bioethischer Debatten, etwa denen der grünen Gentechnik, den Schluss ziehen, dass die meisten Bürgerinnen und Bürger ihre Meinung auf Grundlage anderer Quellen jenseits der Wissenschaftskommunikation bilden. Metaphern, wie sie auch in der Wissenschaft Verwendung finden, migrieren dabei in Blogs, in

Foren, in Medien. Sie prägen die öffentliche Konversation, rahmen Forschung und bilden einen Raum, wie über Forschung gesprochen wird, und sie kondensieren und repräsentieren Informationen, wobei ihre Prägkraft über ihren rationalen Gehalt hinausgeht.

(Folie 8)

Zwei Metaphern dominieren die Anfangszeit der Berichterstattung. Zum einen die aus der Welt des Buchwesens, genauer: des Editierens. Das hat sich auch in der Bezeichnung des Verfahrens durchgesetzt. Dieses Bild verweist auf einen bereits bekannten Diskursstrang, wenn von dem Buch des Lebens die Rede ist. Dies impliziert normalerweise einen stark normativ aufgeladenen Schöpfungsbegriff und stellt damit die Frage der moralischen Zulässigkeit im Allgemeinen. Diese Frage – und das ist das Überraschende beim Genome Editing – wird aber nicht vorrangig gestellt. Es geht nicht ausschließlich um das moralisch hochproblematische Schreiben des Buches, sondern um das Editieren, um einen Akt also, der etwas – einen Text – in eine Form, in ein Buch bringt.

So heißt es in der FAZ: „Die menschliche Keimbahn kann offensichtlich erstaunlich sicher und effizient editiert werden.“ Und in der *Welt*:

„Die Methode ist so einfach, dass Experten von einem ‚biologischen Textverarbeitungsprogramm‘ sprechen, das es erlaubt, Tippfehler in einem Text zu korrigieren und Absätze umzustellen.“

(Folie 9)

Dem allmächtigen, ständig seiner Hybris verdächtigten Wissenschaftler wird der planvolle Handwerker gegenübergestellt. Dazu passt ein anderer Metaphernkomplex: einer, der aus dem Bereich des Bastelns, des Bauens entlehnt ist. In diesem Sinne gelten Genome-Editing-Verfahren als „neues genetisches Werkzeug“, als „Universalwerkzeug“, als „Schere“ (eine Bezeichnung,

die sich gleichfalls als Synonym durchgesetzt hat), als „neuartiges Genskalpell“ oder „Schnippelwerkzeug“.

Hier wird erneut die unkontrollierbare Hybriswelt eines Doktor Frankenstein überführt in das methodisch geordnete Universum des Homo faber.

(Folie 10)

Beide Komplexe adressieren ein Tun und korrespondieren so mit dem Blick auf Evolution. Mit ihnen wird eine Positionierung der Gattung Mensch bezogen als diejenige, die Zukunft gestaltend verändert, und zwar im Sinne des Reparierens. So titelt die FAZ: „Forscher reparieren defektes Gen bei Embryonen“. Die SZ geht noch weiter: „Das reparierte Baby“. Gestalten erhält im Universum des Homo fabers eine neue Wendung. „Kommt jetzt das Designer-Baby?“, heißt es in der *Zeit* und:

„Das genmanipulierte Baby wird Realität. Kaputte Gene raus, heile Gene rein, Erbkrankheiten weg. Was jetzt an Embryonen gelang, lässt ahnen: Der Mensch wird in die Evolution eingreifen.“

Daraus folgt eine erste Diagnose. Hier lässt sich ein Aushandlungsdiskurs ablesen, der zumindest die eudämonistischen Motive zentral berücksichtigt.

(Folie 11)

Wie wird nun Gene-Drive, wie werden Gene-Drive-Systeme dargestellt? Wenngleich Genome Editing und Gene-Drive dieselben Techniken nutzen, sind sie nicht zwangsläufig deckungsgleich; das haben wir gehört. Für die mediale Berichterstattung bilden Letztere mehr oder weniger eine Leerstelle. Von nahezu 200 Artikeln innerhalb des Feldes thematisieren lediglich vier zentral den Gene-Drive. Meist taucht er nur als Randbemerkung auf, häufig ohne die Verwendung des Begriffs Gene-Drive.

Wo sich bei anderen Anwendungsbereichen des Genome Editings mitunter die eudämonistische Perspektive gegenüber der moralischen dominierend zeigt, schieben sich beim Gene-Drive beide ineinander, und zwar deshalb – so eine Vermutung –, weil sich erstens der Mensch hier nicht unmittelbar als Betroffener erkennt und zweitens – anders als beim Genome Editing – ein hoch aufgeladener Naturbegriff im Sinne der Natur als Gesamtzusammenhang im Gegensatz zur Natürlichkeit als Wert an sich ins Spiel kommt. Die *Welt* etwa prophezeit:

„Forscher träumen davon, durch gezielte Eingriffe in das Genom von Mücken endlich die Malaria und andere Tropenkrankheiten besiegen zu können. Auch Insekten, die Pflanzen schädigen möchte man mit Genveränderungen in die Schranken weisen.“

Unschwer erkennbar ist ein eudämonistischer Aspekt: die Befreiung von Krankheit. Am Ende, so heißt es dann aber, stelle sich immer die Frage, wie sich die Eingriffe in den komplexen Ökosystemen auswirken. Das ist eher eine moralische Frage.

Auch im Kontext von Gene-Drive-Systemen ist die Bildwelt des *Homo faber* allgegenwärtig. So heißt es in der *Süddeutschen Zeitung*:

„Forscher verändern – editieren – nun gezielt Genabschnitte in Spermien oder Eizellen und bauen das Crispr/Cas9-System gleich mit ein. Das Werkzeug wird sozusagen dazugelegt, wie der Hammer zum Nagel.“

(Folie 12)

Der Darstellung dieser Werkzeuge wird dabei durch das Attribut „Turbo“ eine Steigerungslogik hinzugefügt (auch das war schon Thema). Die Methode, so heißt es etwa im *Spiegel*, beruhe auf „Turbogenen, die sich im Handumdrehen in Populationen verbreiten“. Diese Steigerungslogik kann man als Hinweis auf die Eingriffswerte, die Reichweite, die Persistenz der Verfahren lesen. Es geht zwar vorrangig um die Frage der

öffentlichen Gesundheit, aber doch um mehr. So heißt es in der *Süddeutschen Zeitung*:

„Was wäre, wenn es in fünf Jahren die Möglichkeit gäbe, Malaria ein für allemal auszurotten? Wenn es gelänge, Krankheiten wie Dengue, Gelbfieber oder Zika dramatisch einzudämmen? Was wäre, wenn die Menschen in nur fünf Jahren anfangen könnten, auf Pestizide zu verzichten und viele vom Aussterben bedrohte Arten zu retten?“

Daran schließen sich aber Fragen an wie diese:

„Was bedeutet es für ein Ökosystem, wenn eine Art plötzlich verschwindet? [...] Und ist es nicht möglich, dass die künstlich erzeugten Mutanten, die eine Art nicht auslöschen sollen, sondern mit anderen Eigenschaften ausgestattet wurden, eine unerwartete Kettenreaktion im Ökosystem auslösen?“

(Folie 13)

Wenn es beim Gene-Drive tatsächlich so etwas gibt wie eine Perspektivverschmelzung, so heißt es in der *Süddeutschen*:

„Was wäre es wert, jedes Jahr einer Dreiviertelmillion Menschen das Leben zu retten, die sonst den durch Mücken übertragenen Krankheitserregern zum Opfer fallen? Können dafür ein paar Spinnen und Vögel geopfert werden? Wo liegen die Grenzen?“

Hier stehen der Nutzen der einen für ein gutes Leben dem Risiko aller gegenüber. Diese Aushandlung vermisst damit nicht das Universum des *Homo faber*, zu dem dann auch Off-Target- oder Non-Target-Effekte gehören. Am meisten fürchtet sich etwa Kevin Esvelt im *Spiegel* davor, dass

„aus irgendeinem Labor versehentlich eine mit Turbogenen ausgestattete Kreatur entweicht und ihre genetische Mitgift aus dem Labor in die freie Natur entlässt“.

Hier geht es also nicht nur darum, ob und wie der Mensch sich selbst verändert, sondern was er folgenreich mit der Umwelt tut. Diese besitzt aber in diesen Beispielen keinen Wert an sich, sondern ist Verhandlungsgegenstand.

Die zweite Diagnose ist also: Selbst wenn sich in der öffentlichen Aushandlung des Gene-Drives eine solche Perspektivverschmelzung ereignet,

finden die Aushandlungen aktuell jenseits der für bioethische Debatten bekannten Frontstellung zweier Lager statt.

(Folie 14)

Damit bin ich beim letzten Metaphernkomplex, dem des Kriegsschauplatzes. Bezogen auf die Jahrestagung der Leopoldina vergangenen Monat hieß es in der FAZ etwa: „Neues von der Genfront.“ An dieser Front scheinen sich Befürworter und Gegner gentechnischer Verfahren gegenüberzustehen, und zwar unversöhnlich. Anlässlich möglicher evolutionärer Effekte des Gene-Drives heißt es in diesem Sinne in der FAZ:

„Davor fürchten sich Wissenschaftler und Unternehmen: dass das Thema ähnlich negative Öffentlichkeit erhält wie seit 20 Jahren in der Pflanzengentechnik.“

Hier lässt sich ein Metadiskurs erkennen, der das Sprechen über Wissenschaft selbst zum Thema macht. In den Beiträgen werden mitunter ideologische Verhärtungen thematisiert, die die Vergangenheit dominiert haben und heute einen rationalen Diskurs verhindern. Da ist sie wieder, diese Öffentlichkeit, die man diskursiv nicht in der Hand hat, die nicht einfach dem zwanglosen Zwang des wissenschaftlichen Argumentes folgt. Es ist aber notwendig, Öffentlichkeit nicht als irrationale Verhinderin zu sehen, sondern mit ihr Debattenräume jenseits vorgefertigter Muster zu vermessen.

(Folie 15, 16)

Lassen Sie mich zum Schluss ein Beispiel für eine solche an Partizipation orientierte Vermessung von Debattenräumen geben: das Projekt GenomeLECTION am Berliner Museum für Naturkunde.

Das ist ein Modell einer Stechmücke, wie sie Teil der Dauerausstellung des Museums ist. Vor dem Objekt ist eine Box installiert, in die Besuchende eingeladen sind, Karten zu werfen, auf

denen sie drei unterschiedliche Szenarien durchspielen können zu der Frage: Wie wäre eine Welt ohne Mücken? In einer ersten Testphase werden Begriffe der Gentechnologien nicht explizit eingebunden. Die Idee ist, jenseits präfigurierter Zustimmungs- und Ablehnungsraster Interesse für ein Gedankenexperiment herzustellen.

(Folie 17)

Als Dank für ihre Teilnahme erhalten die Besuchenden Literaturhinweise, aber auch die Einladung zu Veranstaltungen, zum Beispiel zu einer, die Anfang dieses Monats stattgefunden hat unter dem Titel „Eine Welt ohne Mücken“.

(Folie 18)

Bei dieser Veranstaltung wurden identische Fragen wie die vor der Stechmücke in der Dauerausstellung gestellt und per TED zur Abstimmung gestellt.

(Folie 19)

Hier sehen Sie eine erste Gegenüberstellung. Die Formate dieses Projektes werden evaluiert, und so erhalten wir neben demografischen Daten eine Vorstellung davon, worüber Besuchende sprechen möchten, aber auch, was für sie entscheidungsrelevant ist. Der Ruf nach Öffentlichkeit ist ein Ruf nach Beteiligung, und dieser kann nur gelingen, wenn Orte geschaffen und Verfahren etabliert werden, in denen die Motive, Einstellungen und Hintergrundüberzeugungen artikuliert und ernst genommen werden.

Diese Orte und Verfahren zu finden ist das eine; auf das, was dort zur Sprache kommt, auch zu hören, darüber zu streiten, ist das andere. Nur wenn beides zusammenkommt, wird der Kampf um die Deutungshoheit, was Wissenschaft soll und darf, zu einem demokratischen Gespräch.

(Folie 20)

Vielen Dank.

Diskussion

Moderation: Sigrid Graumann · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Herzlichen Dank. Sie haben jetzt die Möglichkeit, Fragen zu stellen.

Rudolf Sauer

Schönen Tag, mein Name ist Rudolf Sauer, ich bin Privatgelehrter und ich habe mir als Vierjähriger vorgenommen, die Hintergründe des Seins zu ergründen. Nach meiner Erkenntnis leben wir im Zeitalter des Messias. Wir sind hier in einem jüdischen Zentrum. Der Messias ist eine zentrale Figur der jüdischen Religion.

Wer sich dafür interessiert, wie die Finsternis, die Gegenmächte Gottes ausgeschaltet werden können – ein Bekannter von mir hat einen Internetblog. Dort ist jeder eingeladen. Mein Bekannter ist davon überzeugt, dass die Weltkrise schnell überwunden werden kann, und das ohne Genomeingriffe.

Herr NN

Hallo, ich bin Student und habe eine Frage an Herrn Schetelig. Sie haben gesagt, dass cas9 ausgeschaltet werden kann, falls es nicht gebraucht wird. Aber kann das cas9 sich nicht auch selbst verändern, sodass dieser Prozess nicht mehr gestoppt werden kann?

Marc Schetelig

Grundsätzlich ja; das haben wir an diesen Mutationen gesehen. Diese Mutation kann es auch genau in diesem Gen geben. Auch dafür müsste man sich nicht eine Zielsequenz überlegen, sondern verschiedene, damit man das nicht so einfach umgehen kann, sondern wenn es eine Ausschaltung von einem Ort gibt, die andere eintritt und trotzdem das Ausschalten funktioniert.

Aber das sind alles Überlegungen, und man müsste testen, wie hoch so eine Mutationsrate in einem bestimmten Organismus, über den man dann spricht, wirklich ist. Das ist eventuell auch unterschiedlich.

Nicole Podlinski

Guten Tag, mein Name ist Nicole Podlinski. Ich habe eine Frage, die gleichzeitig ein gewisser Rückblick ist. Bei der Gentechnik, die wir bisher diskutiert haben, haben wir festgestellt, dass bei der großen Anwendung auf Feldern in den USA Gene ausgekreuzt sind, und zwar nicht nur horizontal, sondern auch vertikal, also in andere Organismen, die sich dann verändert haben. Das kann einen Einfluss haben auf die Bodenfruchtbarkeit, auf alles Mögliche.

Wie hoch ist denn das Risiko bei so einem Gene-Drive, wo man das designt hat, dass sich diese Gene ausbreiten und sich nicht nur in die Population einkreuzen, die wir als Target haben, sondern auch in andere Lebewesen, die drumherum sind? Das ist erstens die Gefährlichkeit.

Zweitens habe ich eine Frage zu den Positionseffekten. Jemand hat vorhin gesagt, es gäbe keine Positionseffekte mehr oder die wüsste man jetzt. Meines Wissens ist in der Epigenetik herausgekommen, dass wir so wenig über Positionseffekte und diese An- und Ausschalter wissen, dass ich nicht weiß, wie ich das beurteilen soll. Das würde ich gern als Frage ans Auditorium stellen. Ich weiß nicht, wer sich berufen fühlt zu antworten.

Nikolai Windbichler

Zum Thema Auskreuzen: Gene-Drive kann nur funktionieren, wenn es fruchtbare Nachkommen gibt. Man kann das als Risiko sehen, aber auch als Vorteil. Zum Beispiel wird von Schwesterpezies übertragen: *Anopheles gambiae*, Ano-

phelus arabiensis. Da gibt es manchmal fruchtbare Nachkommen. Hier könnte man vielleicht mit einem Gene-Drive mehrere Mosquito-Spezies angreifen. Aber wir wissen, mit welchen anderen Spezies *Anopheles gambiae* sich fruchtbar kreuzen kann, und außer diesem Spezies-Komplex gibt es eigentlich keine. Das wäre also eine Voraussetzung.

Natürlich gibt es auch den horizontalen Gentransfer, aber der findet auf einem ganz anderen Wahrscheinlichkeitsniveau statt.

Arnim von Gleich

Beim horizontalen Gentransfer würde ich zwei Szenarien unterscheiden. Das eine ist: Gibt es verwandte Arten? Wenn wir den Raps verändert haben, wäre das der Fall; da wäre ein horizontaler Transfer durchaus wahrscheinlich.

Das andere Szenario ist auf einer ganz anderen Organisationsebene: Eine Übertragung dieser Kassetten auf Bakterien würde ein ganz anderes Szenario öffnen. Wenn die da weiterverbreitet werden könnten, kann man sich einiges vorstellen.

Nikolai Windbichler

Die sind aber schon in Bakterien; da kommen sie ja her.

Arnim von Gleich

Ja, das ist immer die Frage. Natürlich, was da – nein, wir haben etwas designt. Wir haben eine Kasette fertig gemacht mit ganz bestimmten Informationen bzw. Steuerungselementen, die in dieser Kombination in der Natur *nicht* da sind. Und die bringen wir jetzt in die Natur ein. Natürlich müssen wir danach gucken, wo die dann plötzlich auftauchen.

Da ist der horizontale Gentransfer, von dem ich auch akzeptiere, dass er sehr, sehr selten ist.

Aber wir haben auch gehört, dass wir Milliarden Mücken ausbringen müssen. Das lässt die Wahrscheinlichkeit von eins zu einer Million schon fast zum sicheren Ereignis werden. Ich finde, die Frage ist berechtigt und der Frage muss nachgegangen werden.

Nikolai Windbichler

Es hat ja einen Grund, warum es solche Gene-Drive-Endonukleasen nicht im Tier gibt, sondern nur in Einzellern: Diese Gene breiten sich aus in einer Population, und dann sind sie auf einmal Gene, die keine Funktion mehr haben, weil das, was sie geschnitten haben, in der Spezies nicht mehr existiert. Und dann degenerieren sie wieder. Das heißt, um evolutionär stabil zu sein, müssen sie immer horizontalen Gentransfer ...

Arnim von Gleich

Ja, ist richtig, aber wir wissen auch ...

Nikolai Windbichler

Aber den horizontalen Gentransfer gibt es deshalb bei Tieren nicht. Denn wir haben eine Keimbahn, die geschützt ist.

Arnim von Gleich

Ja gut, aber es gibt auch bei höheren Organismen Ereignisse; ich denke an Mitochondrien, an Viren – es ist nicht so, dass das alles nicht stattfindet. Wie gesagt: Ich akzeptiere, dass es sich mit niedrigerer Wahrscheinlichkeit abspielt, aber es ist etwas, dem wir nachgehen sollten.

Vorhin kam die Frage: Was müssen wir eigentlich klären, bevor wir in die Freisetzung gehen? Dazu gehört für mich die Frage des horizontalen Gentransfers, die geklärt werden muss.

So wird auch bei Positionseffekten – da stimme ich zu. Ich glaube auch, dass die Wahrscheinlichkeit von Positionseffekten durch das gezielte Schneiden verringert werden kann. Aber trotz-

dem akzeptiere ich, dass wir da noch nicht alles verstanden haben.

Marc Schetelig

Ich glaube nicht, dass wir die Positionseffekte verringern können, denn der Effekt an der Position wird immer der gleiche sein. Wir wissen nur, wo wir im Genom hingehen, und das können wir dann evaluieren. Das heißt aber nicht, dass der Effekt an dieser Position unumgänglich ist, und dem können wir, glaube ich, nicht vorbeugen.

Wir wissen aber, mit den Technologien, Sequenzierungen, der Gentechnik im Speziellen, wenn wir das auch über Transposons integrieren, wie das seit Jahrzehnten gemacht wird, wo die Integrationen sind und dann eventuell auch Positionseffekte generiert werden. Bei einigen anderen Dingen, die wir heute auch schon haben, wissen wir das aber nicht. Die sind zugelassen, die sind draußen, und da würden solche Veränderungen, die Sie vorhin angesprochen haben, auch in Produkten auftreten. Da müssten wir praktisch die ganze Kette einmal miteinander vergleichen.

Sigrid Graumann

Es haben sich mehrere gemeldet; wir werden vielleicht zwei oder drei Beiträge zusammennehmen.

Oliver Schaub

Mein Name ist Oliver Schaub, ich arbeite im Landtag von Baden-Württemberg. Ich würde gern einen der Besorgnisgründe ansprechen, nämlich das Insektensterben, das kam bisher relativ kurz. Wir haben eben in einem Zeitungsartikel lesen können, dass diese Insekten als Nahrungsquelle für andere Tiere dienen.

Ist das nicht in jedem Fall ein Problem, das man mit dieser Technik nicht umgehen kann? Da greift die Metapher von dem Buchdruck nicht,

weil ja keine Buchstaben sterben, wenn man einzelne Tippfehler korrigiert.

Peter Dabrock

Ich habe eine Frage an Frau Diekämper. Wenn Sie das, was Sie dargestellt haben, in eine Metaanalyse bringen, dann haben Sie uns vorgestellt, dass es in den Mediendarstellungen sehr unterschiedliche Positionen gibt. Wie gehen Sie als Normwissenschaftlerin, Philosophin mit so etwas um? Denn offensichtlich existiert *die* Öffentlichkeit nicht.

Was machen wir, wenn die einen in eine Richtung schreien und die anderen in die andere Richtung jubeln? Haben Sie vor dem Hintergrund Ihrer Erfahrungen uns eine Perspektive anzudeuten?

Marc Schetelig

Ich kann zur ersten Frage gern etwas sagen, zum Insektensterben. Die Idee ist, den Virus oder das Plasmodium zu bekämpfen, nicht das Insekt. Das sehe ich als die Hauptaufgabe, hier etwas zu machen, und da sehe ich auch das größte Potenzial eines Gene-Drives.

Bei den Insekten sehe ich das größte Potenzial bei invasiven Arten, die nicht hierhergehören und die das Ökosystem stören, nicht bei denen, die hier sind und die zur Ausrottung kommen könnten. Uns ist das Insektensterben nicht nur durch den Bericht vor ein paar Tagen bekannt, sondern schon länger. Diese Sammlungen gibt es schon länger, und anschließend solche Befragungen: Ist so eine Technik bei den Moskitos jetzt gut?

Bei Moskitos kommt man immer schnell zu Leuten, die sagen: „Nee, Moskitos mag ich nicht. Das ist schön, wenn die weg sind.“ Machen Sie das mit Bienen, schaut das schon wieder anders aus, aus gutem Grund. Mich interessiert auch,

was man aus diesen Studien für Schlüsse ziehen kann. Aber es geht nicht uns darum, Insekten hier wegzubekommen, sondern entweder die Krankheiten zu bekämpfen oder die Umwelt zu schützen vor dem, was wir – übrigens invasiv meistens – überall hinbringen.

Julia Diekämper

Diese Studien oder die Umfragen, die es gibt, fragen einen Stand von Informiertheit ab. Da geht es nicht darum, welche kulturellen Hintergrundüberzeugungen, Emotionen, Intuitionen in den Debatten vorrangig und maßgeblich sind für die Akzeptanz oder Ablehnung von Verfahren.

Meines Erachtens ist erkennbar, dass sich in der Debatte um die Verfahren des Genome Editing – und da spielt der Gene-Drive eine Sonderrolle – eine Veränderung abzeichnet im Vergleich zu den Debatten, wie sie um die grüne Gentechnik stattgefunden haben, aber auch zu den Debatten, wenn wir uns an die umstrittene Verhandlung zur PID [Präimplantationsdiagnostik] erinnern, die jetzt immer noch mitverhandelt wird, aber die in anderen Glaubens- und Begründungszusammenhängen funktioniert. Wir sind mittendrin. Daher ist es relativ schwierig, abschließend schon einen Befund daraus zu schließen.

In diesen Aushandlungsfolgen passiert nicht nur eine Simplifizierung von naturwissenschaftlichem Sachstand, sondern hier ist auch etwas die Zeitdiagnostik ablesbar. Wenn beispielsweise ein Eugenik-Argument nicht mehr die Tragkraft hatte wie noch vor fünf bis zehn Jahren, dann ist das bemerkenswert, genauso wie ein Dammbruch-Argument.

Was wir damit machen müssen, ist – und das war mein Plädoyer *für* Öffentlichkeit – zu sagen: Hier geht es nicht nur um rationale Gründe, hier geht es nicht nur um ein Defizitmodell, was zumindest in der Theorie als überholt gilt, wo In-

formationen zur Verfügung gestellt werden, sondern hier müssen Aushandlungsräume geschaffen werden, an denen mehr partizipieren können. Partizipation in dem Sinne, dass wir einen sehr weiten Begriff von Öffentlichkeit haben und in einem ersten Schritt erst einmal Interesse stiften für diese Fragen.

Denn diese Fragen sind – Françoise Baylis war letztes Jahr in Berlin und hat gesagt, CRISPR/Cas9 wird das Gesicht der Welt ändern. Wenn dem so ist, dann müssen wir reden; dann müssen wir alle reden, und das in einem demokratischen Sinne. Dann reicht es nicht, wenn Parteien entscheiden oder Stellungnahmen formulieren, sondern dann sind wir alle als Bürgerinnen, als Bürger daran beteiligt.

Stefan Kruij

Stefan Kruij, ich bin Physiker und Mitglied des Deutschen Ethikrates. Ich fand den Hinweis sehr wertvoll, dass die Abwägung zwischen den Nutzenversprechen und den Besorgnisgründen nicht durch die Wissenschaftler durchgeführt werden darf, sondern von der Öffentlichkeit, von den Medien, von der Politik.

Da schließt sich meine Frage an die Referenten der beiden letzten Vorträge an: Ist der Mensch überhaupt geeignet, diese Risikoabwägung auf rationaler Ebene zu machen? Der Physik-Kabarettist Vincent Ebert hat es schön auf den Punkt gebracht: Zum Glück gab es in der Steinzeit keine Technikfolgenabschätzung; das mit dem Feuer wäre nie genehmigt worden.

Wir haben Angst vor dem Fliegen, obwohl die Fahrt mit dem Auto zum Flughafen gefährlicher ist. Kann der Mensch überhaupt rational mit Ängsten und Risiken und deren Bewertung umgehen?

Christian Albert

Christian Albert. In einer abstrakten Weise knüpft meine Frage an die vorherige an. Wenn ich ein globales Problem habe wie beispielsweise Hunger und es lösen möchte, dann kann ich in zweierlei Richtungen gehen: Ich kann einmal wissenschaftlich versuchen, die Pflanzenproduktivität zu erhöhen, die Schädlinge zu bekämpfen und vieles wissenschaftlich zu verbessern.

Ich kann auf der anderen Seite überlegen: Kann ich etwas anderes weglassen? Das ist heute Morgen schon angeklungen: Wenn ich weniger an Lebensmitteln wegwerfe, wenn ich weniger Fleisch esse, wenn ich die Nahrungsmittel besser verteile, kann ich das Problem auch lösen.

Wenn ich aber eine Wachstums- und wissenschaftliche Lösung suche oder in die Wissenschaftsrichtung gehe, habe ich immer negative Folgen. Ob die jetzt groß sind oder nicht, ob die abschätzbar sind oder nicht – es gibt immer das Risiko von negativen Folgen.

Meine Frage an den Technikfolgenabschätzer, an Herrn von Gleich: Müsste ich nicht zuerst diese reduktionistischen Maßnahmen ausschöpfen? Denn die haben keine negativen Folgen. Müsste ich nicht erst sagen: Lassen Sie uns erst mal die Verteilung anständig organisieren, jetzt werfen wir erst mal weniger weg, und dann, wenn das alles nicht ausreicht, dann gehen wir in die Forschung, die risikobehaftet ist? Möglicherweise wäre dann auch die Akzeptanz eines solchen Risikos höher, als wenn man die anderen Möglichkeiten gar nicht ausschöpft.

Oliver Willing

Mein Name ist Oliver Willing. Wir haben uns nicht abgesprochen, aber es passt dazu, die Frage auch an Herrn von Gleich: In Bezug auf die Landwirtschaft haben Sie davon gesprochen, wir

müssen eventuell auch nach anderen Entwicklungspfaden schauen. Wir haben eigentlich eine übergeordnete Diskussion, die wir zuerst klären müssen. Wenn wir zum Beispiel sagen, wir haben das System des ökologischen Landbaus, der durchführbar, gangbar wäre, dann hat sich quasi die Diskussion eins darunter, nämlich über Gene-Drives in der Landwirtschaft zu reden, schon erledigt. Da wäre für mich die Frage, ob man die Ebenen noch ein bisschen mehr unterscheiden könnte.

Arnim von Gleich

Urs Niggli wurde schon erwähnt. Er arbeitet am Forschungsinstitut für ökologischen Landbau und ist sich noch nicht sicher, wie er Gene-Drives einschätzen soll. Auch da wird die Debatte weitergehen.

Zu Christian Albert: erst alle Möglichkeiten ausschöpfen – da kommt das Verhältnis zu Innovation zur Sprache, und es ist ein sehr restriktives Verhältnis zur Innovation, das bin ich eigentlich nicht bereit mitzugehen, also dass wir erst mit all unseren Möglichkeiten an die Grenze gestoßen sein müssen, bevor wir uns Gedanken darüber machen, dass wir irgendetwas anders machen können. Das halte ich für zu restriktiv.

Zu der Frage: Sind die Menschen für diese Debatte eigentlich geeignet? Ich bin nicht derjenige, der sehr auf die öffentliche Debatte schaut. Ich bin auch schon gefragt worden: die Analyse des Nutzenversprechens – wollen Sie demnächst wieder die Planwirtschaft einführen, indem Sie den Menschen vorschreiben, was sie als Nutzen definieren wollen? Nein, das will ich nicht. Es geht nur um, sagen wir, 1 Prozent aller Innovationen auf dieser Welt, in die ich mich überhaupt einmischen würde. Das andere regeln die Leute, das regeln die Nutzer, das regelt der Markt. Aber wenn wir den Trigger haben, dass wir mit hohem

Gefährdungspotenzial und hohem Expositionspotenzial rechnen müssen und dass wir möglicherweise nicht mehr korrigierend eingreifen können, wenn etwas schiefgeht, dann melde ich mich, und dann meldet sich meiner Ansicht nach auch nicht nur die Öffentlichkeit, sondern dann muss sich der Staat melden, der ja immerhin als Grundversprechen den Menschen gesagt hat: Ich schütze euch vor Gefahren.

Dann ist meine Hoffnung viel stärker in die Debatte über Better Regulation, zum Beispiel auf der EU-Kommissionsebene. Das finde ich richtig spannend, dass die jetzt darüber nachdenken: Wie kann ich so was wie eine Gesetzesfolgenabschätzung machen? Darin spielt dann die Abwägung wahrscheinlich eine zentrale Rolle. Natürlich wird die immer auch in der Öffentlichkeit diskutiert, und natürlich werden auch Wahlen indirekt darüber entscheiden. Aber letztendlich glaube ich doch, dass es letztendlich Spezialisten, also zuständige Fachleute machen werden.

Julia Diekämper

Die Frage: Was müssen wir wissen, um hinreichend urteilen zu können? ist sehr schwierig, die können wir heute nicht final beantworten. Wenn wir sehen, wie beispielsweise der Deutsche Ethikrat besetzt ist, nämlich interdisziplinär, stellt sich ja die Frage: Was ist denn Wissen in diesem Sinne? Reicht dafür die Naturwissenschaft aus? Die molekularbiologischen Grundlagen zu verstehen, reicht das aus? Brauchen wir die Rechtswissenschaft? Brauchen wir die Ethik? Vielleicht die Kulturwissenschaften? Also was gilt hier als Wissen in welchem Sinne?

Zum anderen müssen wir uns – und das zeigen die politischen Diskurse gerade sehr deutlich – davor hüten, einen paternalistischen Blick auf eine Expertenkultur zu haben. Wir können nicht Verantwortung, die wir doch gemeinschaftlich

tragen müssen, in Gremien verlagern, in denen dann darüber hinter verschlossenen Türen befunden wird. Wenn uns diese Technik angeht, müssen wir auch an ihr partizipieren können.

Christian Ehrens

Christian Ehrens. Es wird oft gesagt, dass CRISPR/Cas9 eine erfreulich oder auch erschreckend einfache Technik ist, und Sie haben dargestellt, welchen Nutzen man damit erzielen könnte. Lässt sich damit eigentlich auch Schaden anrichten? Wie groß ist die Gefahr, dass es Gruppen, Staaten oder Einzelpersonen leichtfallen könnte, damit bestimmten Ökosystemen, Regionen oder Staaten Schaden zuzufügen?

Nikolai Windbichler

Es gibt effizientere Wege, Schaden herzustellen. Sie müssen ein bisschen genauer sagen, was Sie mit Schaden meinen: zum Beispiel Gene-Drive für das menschliche Genom? Ich glaube, das würde nicht funktionieren, das dauert zu lange. So etwas könnte ich mir nicht vorstellen. Gene-Drive in einem Mikroorganismus? Vielleicht, aber da muss man schauen, ob das möglich ist. Aber unsere Forschung an Malaria wird das nicht beeinflussen.

Das kann man so sehen wie bei der IT: Es gibt Leute, die basteln Linux, und es gibt Leute, die hacken sich in ein System hinein. Das sind die Potenziale, die darin stecken.

Arnim von Gleich

Die Frage geht in die Richtung Missbrauchsmöglichkeiten und die Diskussion, die damit verbunden ist, militärische Nutzung usw. Was mir Sorge macht: Es gibt eine Gruppe von Leuten, die sich an der Open-Source-Debatte in der Computerwissenschaft orientieren. Die finden sich in irgendwelchen Gruppen zusammen und finden es ganz toll, dass sie jetzt mit Genen so

arbeiten können, wie sie mit Programmteilen arbeiten können. Das macht mir Sorge.

Sigrid Graumann

Ich möchte eine Frage zu rationaler Abwägung, rationaler Debatte und Öffentlichkeit stellen. Ich habe selbst einmal zum Thema Diskursanalyse im Bereich Gentechnologie gearbeitet; das ist einige Jahre her. Damals war es so: Wenn es um Medizin geht, war es positiv besetzt (mit der Ausnahme Präimplantationsdiagnostik), und wenn es um Landwirtschaft ging, um Ernährung, war es eher negativ besetzt. Stimmt die Einschätzung noch?

Julia Diekämper

Jein. Ich glaube, dass eine Umorientierung stattfinden wird und dass auch in der grünen Gentechnik – zumindest die Stimmen, die jetzt laut werden – andere gute Gründe berücksichtigt werden. Das sind Gründe, die wir auch in anderen Kontexten gehört haben: die Frage der Weltenernährung, Folgen des Klimawandels usw.

Das ist das, was ich gesagt habe: Es geht nicht darum, dass die Gründe neu sind (sie wurden auch vorher schon genannt), sondern vielleicht um eine neue Hierarchisierung. Existent sind sie nach wie vor.

Sigrid Graumann

Das hieße dann, die Öffentlichkeit ist gar nicht so irrational, sondern sieht die Probleme nur deutlich komplexer.

Julia Diekämper

Das haben *Sie* gesagt. [lacht]

Sigrid Graumann

Eine Abschlussfrage an alle vier: Was sollte vor Ihrem eigenen fachlichen Hintergrund der Beitrag zu einer guten öffentlichen Debatte sein?

Marc Schetelig

Von uns aus erst einmal Fakten und Forschung. Welche Frage ich mir dabei auch stelle, ist: Wann möchten Sie denn informiert werden? Das ist immer eine schwierige Frage. Wenn man etwas vorstellt: Es könnte sein, wir müssen hier noch etwas erforschen, dann sagen Sie vielleicht: „Der weiß ja gar nicht, was dann passiert“, und wenn ich so lange weiterforsche, bis ich alles habe, sagen Sie: „Der hätte mal vorher was sagen können.“ Also der Zeitpunkt ist mir nicht klar, wann wir hier in einen harten Diskurs gehen und das diskutieren sollten. Wir testen gern alles aus, und wenn es sinnvoll ist, können wir weiterreden, und wenn nicht, dann sollten wir das vielleicht abschaffen. Aber der Zeitpunkt ist mir nicht klar.

Nikolai Windbichler

Ich war schon auf einigen dieser Events und es ist merkwürdig, wie unterschiedlich die Events sind. Ich hätte mir gedacht, dass die Öffentlichkeit vielleicht in allen Fällen gleich reagiert, aber es gibt extreme Unterschiede. Das hätte ich mir so nicht vorstellen können.

Julia Diekämper

Es ist wichtig, dass wir gerade mit Verfahren wie dem Gene-Drive gemeinsam Gedankenexperimente wagen, dass wir uns zu einem frühen Zeitpunkt gemeinschaftlich verständigen über Werte, Normen, aber auch über kulturelle Hintergrundüberzeugungen, Intuitionen, Emotionen und dass ein gegenseitiger Befruchtungsraum stattfindet, in dem es eine Anerkennung für beide Seiten geht. Wenn wir auch zwischen Kommunikation und Partizipation unterscheiden, also sagen: Von dem profitieren im besten Falle beide Seiten – das wäre wünschenswert, und ich denke schon in einem frühen Stadium, im Sinne von Denkmöglichkeiten, die geschaffen werden.

Arnim von Gleich

Es wäre sehr wichtig, die Öffentlichkeit für den Punkt zu sensibilisieren, an dem die massive Freisetzung stattfindet. Denn da sind wir alle als Bürger betroffen. Ich bin für Freiheit der Forschung. Vorhin habe ich den Reduktionismus kritisiert. Natürlich bin ich der Meinung, dass man reduktionistisch forschen sollte und darf, das ist kein Präskript. Die Freiheit der Forschung ist für mich ein wichtiger Punkt.

Aber in dem Moment, wo mit solchen Dingen in die Freisetzung gegangen wird, muss die Öffentlichkeit mitgenommen werden. Sie muss wissen, was da auf sie zukommt, damit wir nicht wieder die Situation haben wie bei den FCKWs, dass wir die nächsten dreißig, vierzig Jahre fast nur noch zugucken können.

Sigrid Graumann

Herzlichen Dank an alle vier Referenten für die erste spannende Runde. Wir haben jetzt eine Stunde Mittagspause und werden danach den Komplexitätsgrad der Debatte noch steigern.

Teil 2**Carl Friedrich Gethmann**

Meine Damen und Herren, ich begrüße Sie zum nächsten Block. Ich darf eine Vorbemerkung machen, indem ich den Ablauf des Vormittags aufgreife. Der Deutsche Ethikrat behandelt routinemäßig Themen dieser Tiefe und Tragweite wie das heutige Thema. Da glaubt man einen gewissen Zirkel, vielleicht einen Zirkel der Verzweiflung wahrzunehmen, denn die Debatte läuft immer nach einem gewissen Schema; man könnte das den Zirkel der Zuständigkeit nennen. Ich fasse es kurz zusammen:

Wir alle sind Bürger eines Gemeinwesens und wählen hin und wieder Abgeordnete, die sich zu einem Parlament versammeln, das unter anderem die Aufgabe hat, uns Gesetze zu geben. Wenn diese Abgeordneten mit der Gesetzgebung beginnen, stellen sie fest, dass sie selbst nicht hinreichend Sachverstand haben, sondern dass Sachverständige gerufen werden sollen, zu denen dann auch Enquete-Kommissionen und auch der Deutsche Ethikrat gehören. Dann treffen die sich (wie wir heute), behandeln das Problem, um dann festzustellen, man müsse doch den Bürger rufen, der wiederum Abgeordnete wählt usw. Das Ganze könnte auch eine Spirale sein; das will ich der Wahrnehmung jedes Einzelnen überlassen.

Der Ruf nach Öffentlichkeit ist relativ einfach, vor allem wenn wir, wie eine der Referentinnen gesagt hat, von Öffentlichkeiten sprechen müssen. Das heißt, es geht nicht nur um die Pluralität und Diversität in den jeweiligen Arenen, sondern auch um die Frage, wie sich die Arenen zueinander verhalten. Das ist potenziell Konflikterzeugung, und ein politisches Gemeinwesen ist ja erfunden worden (das kann man bei Thomas Hobbes lesen), damit solche Konflikte ex ante ausgeräumt oder jedenfalls in gewaltfreie Auseinandersetzung überführt werden. Dann geht wieder die Sache an das Parlament des Gemeinwesens, und dann werden wieder die Sachverständigen gerufen usw.

In diesem Zusammenhang spielt aber ein Spektrum von Disziplinen eine wichtige Rolle, für die ich den Ausdruck Normwissenschaften in die Welt setzen möchte. Damit wird vielleicht nicht jeder glücklich sein, und wenn Sie auf die Themen blicken, dann sehen Sie, dass ihnen eine gewisse Logik zugrunde liegt. Drei Disziplinen sollen hier in die Debatte eingeführt werden:

Ethik, Ökonomie und Jurisprudenz. Themen aus diesen Bereichen sind schon angesprochen worden; das ist nicht wirklich neu.

Unsere Ethikerin vom Dienst ist Frau Eser. Sie darf ich jetzt ans Pult bitten.

Umweltethische Perspektiven: Kann die gezielte Auslöschung einer Art gut und richtig sein?

**Uta Eser · Büro für Umweltethik,
Tübingen**

(Folie 1)

Vielen Dank. Für mich kam die Einladung als Herausforderung. Denn üblicherweise versuche ich für Umwelt- und Naturschutzverbände die Frage zu beantworten, warum das Artensterben schlecht ist und warum wir etwas dagegen tun sollten. Und jetzt soll ich die Frage beantworten, ob sich möglicherweise das gezielte Ausrotten einer Art rechtfertigen lässt oder vielleicht sogar geboten ist.

(Folie 2)

Ich werde zunächst erläutern, was dieses neue Vorzeichen auf das Insektensterben für die Umweltethik zu heißen hat, dies also in das umweltethische Diskursfeld einordnen. Dann werde ich erläutern, wie ich bei der Urteilsfindung vorgehe, und werde dann vier Elemente der Urteilsfindung darstellen, nicht mit dem Ziel, schon ein Urteil zu finden, sondern nur zu sagen: Was müssen wir in der Urteilsfindung alles berücksichtigen? Dann werde ich ein Fazit ziehen.

(Folie 3)

„Insektensterben unter neuem Vorzeichen“ ist das Thema meiner Einleitung.

(Folie 4)

Sie haben wahrscheinlich alle in den letzten Wochen gesehen, wie das Thema Insektensterben in den Medien war. 75 Prozent der Insektenbiomasse sind schon weg, hieß es. Das Vorzeichen dieser Nachricht war ein negatives: Das ist schlecht und wir müssen etwas dagegen tun.

(Folie 5)

Das ist auch die Botschaft, mit der die Natur- und Umweltverbände das Thema üblicherweise in die Öffentlichkeit tragen. Hier ist eine Artenschutzkampagne vom NABU [Naturschutzbund Deutschland]: „Fast weg: der Apollofalter“.

Es scheint sich von selbst zu verstehen, dass aus der Tatsacheninformation „bald gibt es keine Apollofalter mehr“ folgt: Das ist schade und dagegen müssen wir etwas tun. Diese Tatsache ist mit einer Bewertung und einer Norm verbunden, die sich von selbst zu verstehen scheint, nämlich: Wir müssen die Natur vor dem Menschen schützen.

(Folie 6)

Jetzt haben wir ein anderes Vorzeichen, jetzt wird auf einmal die Frage gestellt: Was wäre, wenn man Gentechnik benutzen könnte, um den gefährlichsten Feind der Menschheit aufzuhalten, nämlich die vielen von Insekten übertragenen Krankheiten? Jetzt geht es andersrum, nicht nur um den Schutz der Natur vor dem Menschen, sondern um den Schutz des Menschen vor der Natur.

(Folie 7)

Hier hat das Insektenauslöschung ein positives Zeichen, zumindest stellt die heutige Tagung die Frage. Denn im Programm hieß es: Rechtfertigt die Bekämpfung von Hunger und Infektionskrankheiten die gezielte Ausrottung von Arten?

(Folie 8)

Für die Umweltethik heißt das: Wir haben hier den Ernstfall der Begründungsfrage. Wer die umweltethische Debatte kennt, weiß, dass sie jahrhundertlang um die Frage der Anthropozentrik oder Nicht-Anthropozentrik gekreist ist. Kurz gesagt würde eine anthropozentrische Ethik sagen: Wir müssen die Natur um der Menschen willen schützen, und die Physiozentrik würde sagen: Wir müssen die Natur um der Arten willen schützen.

Das hat sich in den letzten Jahren so eine Art pragmatischer Konsens eingestellt, von Bryan Norton angestoßen mit seiner Konvergenzhypothese, der gesagt hat: Im Großen und Ganzen ist das für eine anwendungsorientierte Umweltethik gar nicht so wichtig. Denn was wir tun müssen für das Wohl und Wehe der anderen Lebewesen auf dieser Erde und für unser eigenes Wohl und Wehe, liegt in den meisten Fällen gar nicht so weit auseinander: Wir brauchen alle saubere Luft, wir brauchen alle sauberes Wasser; da gibt es große praktische Konvergenzen.

Jetzt aber haben wir einen Bereich, wo man sagen würde, da wird möglicherweise doch die Begründungsfrage relevant. Vermutlich würde die Frage, ob die Ausrottung ganzer Arten gerechtfertigt ist, von einem Anthropozentriker eher mit Ja beantwortet und von einem Physiozentriker eher mit Nein.

(Folie 9)

Als Beispiel für so einen physiozentrischen Ansatz möchte ich einen Aufsatz von Holmes Rolston zitieren. Das ist ein US-amerikanischer Philosoph, der sich dezidiert gegen die Anthropozentrik stellt und in einem vieldiskutierten, auch kontrovers diskutierten Aufsatz mit dem Titel: „Feeding People versus Saving Nature?“ die Meinung vertreten hat: Im Zweifelsfall, wenn

es hart auf hart kommt, kann der Schutz der Natur wichtiger sein, als Menschenleben zu retten.

(Folie 10)

Mit so einer Position würde man sagen: Die Ausrottung einer Art zur Bekämpfung von Hunger und Infektionskrankheiten ist eher abzulehnen.

(Folie 11)

Eine anthropozentrische Position dagegen würde – wie hier in einem Opinion Paper von Olivia Judson in der *New York Times* schon im Jahre 2003 – die Frage stellen: Sollten wir vielleicht bestimmte Arten – hier den Moskito – auf den Weg schicken, den schon der Dodo gegangen ist (eine Art, deren Verschwinden wir üblicherweise eher bedauern)?

Sie sagt: So wie es aussieht, könnte es eine Möglichkeit geben, durch genetische Veränderungen Techniken der Auslöschung ins Leben zu rufen.

(Folie 12)

Hier wäre also die Position: Als Ultima Ratio, wenn uns nichts anderes gelingt, um dieses Problem zu bekämpfen, dann sollten wir (das muss man auf Englisch sagen, das kann man nicht richtig auf Deutsch übersetzen): „We should consider the ultimate swatting“, also die ultimative Fliegenpatsche in Betracht ziehen.

(Folie 13)

Zu diesem *ultimate swatting* fiel mir ein deutscher Autor ein: „Guckste wohl, jetzt ist’s vorbei mit der Käferkrabbelei!“, so lässt es Wilhelm Busch seinen Onkel Fritze sagen, der sich dann nach dem Todschlagen einer dieser Käfer ins Bett legt und guten Gewissens einschläft.

Die Frage ist: Könnten wir auch mit gutem Gewissen einschlafen, wenn wir zu dieser ultimativen Fliegenpatsche Gene-Drive greifen?

(Folie 14)

Das war der Problemaufriss. Wie will ich mich dieser Frage nähern?

(Folie 15)

Ich möchte mit einer Arbeitsdefinition anfangen, die ich im Ethikzentrum gelernt habe, wo ich ausgebildet worden bin. Professor Mieth hat sich in den Neunzigerjahren viel mit der Ethik der Biotechnologie gefasst und hat eine umfassende Arbeitsdefinition geliefert:

„Ethik ist die Ermittlung des guten und richtigen Handelns unter gegebenen Bedingungen und Handlungsmöglichkeiten, bezogen auf Situationen („Fälle“), auf die Haltungen von Personen und auf Institutionen.“

Darin stecken viele Einzelheiten, die ich in den nächsten Schritten erläutern werde.

(Folie 16)

Zunächst geht es um die Ermittlung des guten und richtigen Handelns. Sie sehen da unschwer den Titel meines Vortrags: Kann es gut und richtig sein, das zu machen? Auch Frau Dieckämper hat schon auf diese Differenz hingewiesen.

Es gibt die moralischen Fragen im engeren Sinne und die eudämonistischen Fragen des guten Lebens im weiteren Sinne; die philosophische Terminologie ist da unterschiedlich. Ich nenne die einen, die Fragen des guten Lebens, die strebensethischen Fragen, und die anderen Fragen, die mit strengeren moralischen Rechten, Pflichten, Normen verbunden sind, die sollensethischen Fragen. Beide sind Bestandteil der ethischen Urteilsfindung.

Dann gibt es noch die gegebenen Bedingungen und Handlungsmöglichkeiten. Dazu ziehen wir normalerweise die empirischen Wissenschaften zurate, und die Codes dieser unterschiedlichen Fragen sind verschiedene. In den empirischen Wissenschaften geht es darum: Ist es wahr oder nicht wahr? Stimmt es oder stimmt es nicht? Die

strebensethische Frage wäre: Ist es gut? Ist es wünschenswert oder eben nicht? Und die sollensethische Frage wäre: Dürfen wir das oder eben nicht?

Drei unterschiedliche Fragen: alle richtig in der Beantwortung des Problems, aber trotzdem voneinander zu unterscheiden.

(Folie 17)

Ein zweiter Ausgangspunkt: Ich möchte nicht technikinduziert vorgehen (also wir haben Gene-Drive, was können wir damit alles machen?), sondern probleminduziert.

Es ist mehrfach erwähnt worden, dass Gene-Drive ein Werkzeug ist. Der Inbegriff eines solchen Werkzeugs ist dieser Hammer. Paul Watzlawick (der in der Einleitung schon angesprochen wurde) hat einmal gesagt: „If your only tool is a hammer, every problem looks like a nail.“ Das heißt, die Frage, ob Gene-Drive ein gutes und vernünftiges Instrument ist, hängt davon ab, von welchem Problem wir sprechen. Wir müssen uns also genauer anschauen, bevor wir über die Eignung dieses Tools sprechen können, mit welchem Problem wir es zu tun haben.

(Folie 18)

Wir brauchen eine schrittweise Urteilsbildung, die erst einmal das Problem genauer definiert, dann guckt, ob das Mittel Gene-Drive für die Lösung dieses Problems instrumentell geeignet ist. Wenn wir finden, dass es ein geeignetes und gutes Instrument ist, dann können wir fragen: Ist es überhaupt erlaubt, oder müssen wir es sogar oder dürfen wir es nicht? Und sollte es weder verboten noch geboten, aber erlaubt sein, bleibt noch die vierte fragende Ebene: Ist es erstrebenswert? Das wäre die strebensethische Frage. Das ist der Aufbau meines Hauptteils, zu dem ich jetzt komme.

(Folie 19)

Was brauchen wir, um zu einem Urteil zu kommen?

(Folie 20)

Beginnen wir mit der Eingrenzung des Problems.

(Folie 21)

Wir haben drei verschiedene Problemfelder im Zusammenhang mit Gene-Drive genannt bekommen: einerseits die erschreckend hohe Zahl an Todesfällen durch Malaria, 500.000 Menschen jedes Jahr. Das andere Problem sind die landwirtschaftlichen Verluste durch Schadinsekten. Ein weiteres Problem ist ökologische Schäden durch invasive Arten.

Das sind äußerst heterogene Probleme, über die wir nicht sinnvoll in einem Vortrag reden können. Deswegen möchte ich mich auf den ersten Fall beschränken, weil das auch die Frage war, die mir vorgelegt worden war: Todesfälle durch Malaria sind das Problem, das wir mit dem Instrument Gene-Drive angehen wollen.

(Folie 22)

Dann kann man fragen: Welches Ziel genau verfolgen wir? Das eine wäre zu sagen: Wir wollen, dass die Zahl der malariabedingten Todesfälle zurückgeht. Dazu muss man wissen, dass eine früh entdeckte und behandelte Malaria heute nur noch eine Sterblichkeit von 2 Prozent hat, eine spät oder gar nicht behandelte Malaria von 20 Prozent. Dieses Ziel könnte man also auch mit einem anderen Mittel erreichen.

Man kann aber auch sagen: Klüger ist es, eine Infektion gar nicht erst entstehen zu lassen, sondern zu verhindern, also die Zahl der Malaria-Infektionen zu reduzieren. Da habe ich wieder zwei mögliche Ziele: Ich kann entweder dafür sorgen, dass es weniger Mücken gibt, die das übertragen können, oder ich kann dafür sorgen,

dass es weniger Gelegenheiten gibt, wo diese Mücken Menschen stechen können. Das sind auch zwei unterschiedliche Ziele. Für das eine ist Gene-Drive geeignet, für das andere nicht.

Ich kann aber auch den Blickwinkel viel weiter machen und sagen: Um was geht es eigentlich? Es geht doch darum, dass auf der Welt weniger Kinder sterben. Wenn das meine Perspektive wäre, müsste ich sagen: Die Hauptursache für Kindersterblichkeit ist nach wie vor Mangelernährung, und fast ein Drittel der Todesfälle der unter Fünfjährigen sind Durchfall und Pneumonien, also einfach behandelbare Erkrankungen.

Wir beschränken uns für den weiteren Gang auf die Senkung der Anzahl der Malaria-Infektionen, und zwar dadurch, dass wir weniger plasmodienübertragende Mücken haben, also dass wir die Zahl senken.

(Folie 23)

Dieses Ziel kann sich zunächst auf ein Dokument stützen. Denn man sagt ja immer: Alle wollen so viel Verschiedenes. Wir haben weltweit ausgehandelte Dokumente, zum Beispiel die Rio-Deklaration, die Sustainable Development Goals. Die sind 2015 verabschiedet worden. Das dritte Ziel heißt: „Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern“, und das dritte Unterziel dieser drei Ziele lautet: „Bis 2030 die Aids-, Tuberkulose- und Malariaepidemien beseitigen“.

Das ist ein Ziel, was sich zumindest auf diese Absichtserklärung der globalen Weltgemeinschaft stützen kann (wenn man die denn ernst nehmen will). Das Ziel hat also eine gewisse plausible Legitimation.

(Folie 24)

Wenn wir das Ziel erreichen wollen und dabei Gene-Drive einsetzen, gibt es zwei Möglichkei-

ten, wie Herr Windbichler uns gezeigt hat. Wir können entweder die Insekten so manipulieren, dass Plasmodien in ihnen sich nicht mehr entwickeln können, oder wir können sie mit Gene-Drive so verändern, dass sie letale Mutationen haben und deswegen die ganze Art ausgelöscht wird.

Sie haben uns gesagt: Technisch ist das nicht machbar, aber das Ziel des Gedankenexperiments ist es, die Art auszulöschen. Das wäre das, worauf ich mich in der umweltethischen Frage fokussieren werde. Das Mittel, um das es geht, ist die gezielte Veränderung wildlebender Insektenpopulationen mit Gene-Drive mit dem Ziel der Auslöschung der Moskito-Art zur Lösung dieses Malariaproblems.

(Folie 25)

Auf der nächsten Ebene stellt sich die Frage, ob das instrumentell klug ist. Ist das überhaupt geeignet, das Problem Malaria-Bekämpfung zu lösen?

(Folie 26)

Kann man mit Gene-Drives dieses Ziel tatsächlich erreichen? Sie haben gesagt, da gibt es empirisch Zweifel.

Das Zweite ist: Welche Folgeprobleme können durch diese Handlung entstehen, wenn man dieses Mittel anwendet?

Dann gibt es so etwas wie eine Problemlöseregeln, dass die Probleme, die durch die Lösung eines Problems entstehen, nicht größer sein sollten als die Probleme, die man am Anfang hatte. Wichtig ist also ist die Frage: Sind die Folgeprobleme größer oder kleiner als das Problem, das wir am Anfang hatten? Und auch: Sind mögliche Folgeprobleme reversibel?

Eine weitere Frage, die wir stellen müssen, ist: Ist die Handlung zur Erreichung des Ziels erforder-

lich? Vielleicht ist das Mittel geeignet, aber vielleicht gibt es auch andere. Ich kann zum Beispiel für frische Luft im Zimmer sorgen, indem ich mit dem Hammer das Fenster einschlage. Das ist zwar ein geeignetes Mittel, aber vielleicht nicht das beste. Ich könnte auch einfach das Fenster öffnen. Hier wäre die Frage: Gibt es andere Mittel, die dieses Ziel besser erreichen können?

Da muss ich auch fragen: Welche Probleme sind denn mit den anderen Mitteln verbunden? Wir haben ja festgestellt, dass der Einsatz von Insektiziden oder das Trockenlegen von Feuchtgebieten auch geeignete Mittel wären, aber andere Probleme mit sich bringen, gerade im Hinblick auf das Insektensterben, die auch nicht ohne sind.

Die Frage ist: Sind die Probleme, die von den Alternativen verursacht werden, größer oder kleiner als die Probleme, die durch dieses Thema verursacht werden? Das kann ich jetzt nicht beurteilen, aber es wäre wichtig, diese Fragen zu stellen.

(Folie 27)

Wenn ich diese Fragen beantwortet habe, komme ich zum nächsten Schritt, dem grün unterlegten Balken: Ist es erlaubt? Vorausgesetzt, dass Gene-Drive geeignet ist und dass auch die beste der möglichen Methoden ist, kann und muss ich fragen: Dürfen wir das denn?

(Folie 28)

Jetzt kommen die moralisch relevanten Aspekte ins Spiel. Das eine ist: Es handelt sich um eine gezielte Veränderung des Insektengenoms. Herr Windbichler, Sie haben gesagt: Ja, wir machen das schon immer, wir greifen immer in die Insektengenome ein, nur unbeabsichtigt. Ethisch macht es natürlich einen riesigen Unterschied.

Wenn ich es mit voller Absicht mache, bin ich ganz anders in der Rechtfertigungspflicht.

Es handelt sich um eine Veränderung wild lebender Populationen. Das ist etwas, was in der Gentechnik-Debatte bisher eher als Risiko oder als Gefahr dargestellt war. In der normativen Ethik haben wir so etwas wie ein Kohärenzgebot: Das, was beim einen Fall richtig ist, kann beim anderen nicht falsch sein. Zumindest muss man darüber nachdenken, warum das, was in dem einen Fall als Schaden gilt (nämlich die Veränderung der wildlebenden Populationen), jetzt erlaubt oder sogar gut sein soll.

Da liegt natürlich der Aspekt nahe: Na gut, es handelt sich ja hier um eine erwünschte Veränderung, während es sich bei dem anderen um das Auskreuzen von Eigenschaften handelt, von denen wir nicht wollen, dass sie auskreuzen. Man hat also die Frage, ob nicht die gezielte Veränderung wildlebender Populationen im Hinblick auf erwünschte Eigenschaften vielleicht besser ist als die ungewollte Veränderung der wildlebenden Populationen, die nach Merkmalen selektiert, die wir nicht haben wollen.

Ein Thema ist auch die Geschwindigkeit. Wenn man das Vorsorgeprinzip als geltend voraussetzt, dann ist die Umgehung der Mendel'schen Gesetze, nicht weil sie widernatürlich ist, sondern weil sie einen Kontrollmechanismus ausschaltet –

Als Beispiel für die Wissenschaftler: Wenn ich ein Paper ohne Peer Review veröffentliche, und das würde sofort von allen anderen zitiert, dann habe ich einen wichtigen Kontrollmechanismus ausgeschaltet. Wenn ich langsamer vorgehe, dann habe ich eine Chance, dass das Peer Review in diesem Konstrukt, das ich rauslasse, möglicherweise Fehler entdeckt, die ich noch beheben kann. Im Hinblick auf die Fehlerfreund-

lichkeit ist die Geschwindigkeit tatsächlich moralisch bedenkenswert.

Dann erst sind wir bei dem im engeren Sinne umweltethischen Thema, dass es diesmal nicht um die Auslöschung einzelner Individuen geht (was jeder von uns mit der Fliegenpatsche im Sommer tut), sondern um die Schwächung einer Population. Aber zumindest ist die Fragestellung dieser Tagung so: Dürften wir vielleicht sogar die ganze Art ausrotten? Da ist dann die Frage des moralischen Selbstwerts der Arten einschlägig. Vielleicht sind ja die Arten auch ein Zweck an sich. Wenn sie das wären, dann würde so etwas wie das Instrumentalisierungsverbot gelten, dass wir den Moskito, der ja selber gar nicht der Schädling ist, sondern nur den Erreger überträgt, nicht nur für uns und unsere Zwecke verstehen und zum Mittel degradieren dürfen.

(Folie 29)

Meiner Einschätzung nach ist es nach Lage der Dinge weder möglich, ein Verbot solcher Eingriffe durchzuhalten, noch ist nach Sichtung der Sachlage, wie sie hier skizziert worden ist, ein Gebot wirklich begründbar. Mir scheint aber, dass es erlaubt sein könnte, das zu machen. Wenn das erlaubt ist, ist immer noch die Frage erlaubt: Wollen wir denn das? Dann kommt die sollensethische Frage: Ist es erstrebenswert, dieses Mittel zum Einsatz zu bringen, oder ist es nicht erstrebenswert? „Wollen wir das?“ ist die Überschrift über die nächsten Fragen.

(Folie 30)

Da stellt sich sofort die Frage: Wer denn? Die hatten wir jetzt schon ein paar Mal. Die Leute, die von Malaria betroffen sind, wollen möglicherweise etwas anderes als die Forscherinnen und Forscher, und Menschen in unterschiedlichen Kulturkreisen und mit unterschiedlichen Weltanschauungen haben möglicherweise auch

unterschiedliche Vorstellungen davon, was wir denn für ein gutes Leben brauchen. Deswegen nur drei mögliche Ansatzpunkte, die so ein allgemeines Wir denkbar machen würden.

Eines ist der Capability Approach von Martha Nussbaum. Sie hat kultur- und zeitübergreifend in Erzählungen geschaut und versucht herauszudestillieren, was Menschen zu allen Zeiten und in allen Regionen der Welt für Vorstellungen davon haben, was ein gutes Leben heißt und was man verwirklichen muss, um ein guter Mensch zu sein.

Die provisorische Liste, die sie veröffentlicht hat, enthält in Punkt 8 die „Fähigkeit, in Verbundenheit mit Tieren, Pflanzen und der ganzen Natur zu leben und pfleglich mit ihnen umzugehen“. Das Kriterium da wäre ein Instrument, bei dem ich eine Art ausrotte oder bei dem das Ziel die Ausrottung ist, das, was sich mit einem pfleglichen Umgang richtig bezeichnen oder in Übereinstimmung bringen lässt.

Ein zweites Indiz, was wir hier heranziehen könnten, ist die Rio-Deklaration. 1992 hat in Rio de Janeiro die Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung stattgefunden [United Nations Conference on Environment and Development, UNCED], deren erster Grundsatz lautet: „Die Menschen stehen im Mittelpunkt der Bemühungen um eine nachhaltige Entwicklung.“ Das ist klar anthropozentrisch.

Aber: „Sie haben das Recht auf ein gesundes und produktives Leben im Einklang mit der Natur.“ Das ist schwierig, das zu füllen, aber es gibt zumindest die Vorstellung, dass irgendwie eine Form von Einklang mit der Natur ein Leitmotiv für unser Handeln sein könnte.

Schließlich möchte ich auf ein drittes Dokument hinweisen. Es gibt gerade einen IPBES-Prozess

[Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services].

(Folie 31)

Das ist der Weltbiodiversitätsrat, der versucht, die Biodiversität und ihren Verlust weltweit zu bewerten, so ähnlich wie das IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] das für den Klimawandel macht.

(Folie 31)

Die haben das Problem gehabt, dass sie sagten: Was sind denn die Werte, die wir in Anschlag bringen müssen? Es gibt sehr viele Werte, es gibt so viele Werte wie unterschiedliche Menschen und Kulturen, und die haben ihren konzeptionellen Grundlagen drei Wertkonzepte zugrunde gelegt und gesagt: Man kann entweder die Natur selbst zum Grund für den Wert machen. Das wäre ein nicht anthropozentrischer Wert, zu sagen: Natur an sich ist intrinsisch wertvoll.

Dann gibt es zwei anthropozentrische Konzepte: Das eine stellt den Nutzen der Natur für Menschen in den Mittelpunkt, also instrumentelle Werte. Das zweite stellt den Beitrag der Natur zum guten Leben von Menschen in den Mittelpunkt, also ein nicht instrumenteller und trotzdem anthropozentrischer Ansatz. Dieser relationale Ansatz kriegt gerade in der Umweltethik richtig Schwung. Der ist im Moment richtig in der Debatte.

(Folie 33)

Das ist die Tabelle, die diesen dritten Wertebereich, Good Quality of Life, fokussiert. Wir sehen, dass darin steht (hier gelb hervorgehoben) „Living well in harmony with nature and Mother Earth“. Gleichzeitig steht da aber auch: „Health and Wellbeing“, und darüber steht: „Diversity and Options“.

Offensichtlich haben wir hier Trade-offs zwischen diesen unterschiedlichen Werten. Ich kann Gesundheit nur erreichen, wenn ich im gewissen Sinne in Natur eingreife; sonst dürfte ich auch Bagatellerkrankungen nicht mit irgendwelchen Medikamenten behandeln. Ich habe aber auch Trade-offs auf dieser Ebene: Wenn ich Gene-Drive einsetze, habe ich weniger Diversität. Dann kann ich fragen: Ist eine Welt, die mehr Diversität hat, weil sie krankheitsübertragende und nicht-krankheitsübertragende Insekten hat, besser als eine mit weniger Diversität, die nur noch nicht-krankheitsübertragende Insekten hat?

Hier sind wir in dem großen und schwierigen Bereich der Abwägungen. Wer diese Abwägungen treffen soll und wie man die treffen soll, das ist natürlich die Frage, die Sie jetzt alle stellen. Das wäre aber das nächste Thema. Die Frage ist auch hier bei der Tagung in vielen Beiträgen Gegenstand.

(Folie 34)

Deswegen komme ich jetzt zu meiner Zusammenfassung. Ich hatte gesagt: Bei der Problemdefinition ist es wichtig, wie eng oder weit wir das Problem fassen. Das präjudiziert in gewisser Weise: Für wie geeignet oder ungeeignet wir das Mittel halten? Das Ziel, Malaria zu beseitigen, kann sich immerhin auf die Sustainable Development Goals stützen, wo festgehalten ist, dass die Weltgemeinschaft das will.

Bei den instrumentellen Erwägungen müssen wir auch die unerwünschten Nebeneffekte in den Blick nehmen und die Alternativen, aber auch die unerwünschten Nebeneffekte der Alternativen. Das alles muss da mit rein.

Prinzipielle Verbote sind meines Erachtens genauso wenig in Sicht wie prinzipielle Gebote. Das heißt zum Beispiel: Wenn es kein Gebot gibt, dass wir das machen müssen, dann wäre es

auch erlaubt, ein Moratorium zu machen und zu sagen: Lasst uns erst noch mal nachdenken, bevor wir weitermachen.

Aber es ist die Frage erlaubt: Wir dürfen vielleicht, aber wollen wir das eigentlich? Wir müssen nicht.

Dann wären zur Einschätzung, ob das eine erstrebenswerte oder nicht erstrebenswerte Form der Technik ist und unseres Menschen-Natur-Verhältnisses, die zwei Stichworte: pfleglicher Umgang mit der Natur (aus Martha Nussbaums Liste) und der Oberbegriff gelingende Naturbeziehung: Ist das die Art, wie wir mit Natur in Beziehung treten wollen, indem wir die finale Fliegenpatsche einsetzen?

(Folie 35)

Damit danke ich für die Aufmerksamkeit.

Carl Friedrich Gethmann

Wir haben im Anschluss an diese drei Vorträge, von denen wir jetzt den ersten gehört haben, eine zusammenfassende Diskussion. Jetzt besteht die Gelegenheit, Verständnisfragen an die Referentin Frau Eser zu stellen.

Rüdiger Stegemann

Noch mal Rüdiger Stegemann, BUND und AbL. Wenn ich richtig orientiert bin, hat die Konvention über biologische Vielfalt, die CBD, eine Präambel, in der steht: Die biologische Vielfalt hat ihren Wert, einen Wert an sich. Muss man das jetzt umschreiben? Denn das hieße: Die Biodiversität ist ein Grundwert. Das ist schon 1992 so definiert worden, aber ich sehe das in gewisser Spannung zu der differenzierteren Sicht, die Sie vorgetragen haben.

Uta Eser

Ich glaube, das lässt sich durch eine Begriffsklärung erläutern. Die Formulierung „Wert an

sich“ oder Paragraf 1 Bundesnaturschutzgesetz: „Natur um ihrer selbst willen“ erlaubt zwei Interpretationsmöglichkeiten: Ich kann es entweder interpretieren mit einem starken Wert an sich im Sinne eines moralischen Selbstwertes, dass ich sage: Tiere und Pflanzen sind in anderer, aber doch vergleichbarer Weise wie Menschen nicht nur Mittel zum Zweck, sondern Selbstzweck. Sie sind Zweck an sich, und in diesem Sinne darf man sie nie nur gebrauchen. Das heißt, sie haben nicht nur einen Wert, sondern eine Würde. Das wäre die enge normative Auslegung. Dann *dürfte* ich tatsächlich bestimmte Sachen nicht tun.

Die weitere Auslegung ist das, was ich vorher als die relationale Ecke eingekreist habe. Ich kann sagen: Biodiversität hat für mich einen Wert an sich, der von sämtlichen instrumentellen Nutzungsperspektiven absehen kann, aber der trotzdem auf einer anderen Skala liegt. Der ist dann nicht auf der Ebene von normativen Ge- und Verboten, sondern von Wertschätzungen und damit abwägbar mit anderen Werten, die wir auch noch haben.

Rüdiger Stegemann

Ihre Referenz „Wert für mich“ – in der CBD spricht aber die Weltgemeinschaft, nicht ich als Bezugsgröße.

Uta Eser

Ja, Wert für uns als Menschen, und für jeden ...

Stegemann

Der Hintergrund meiner Frage ist, dass wir das in der Diskussion oft benutzt haben, wenn alles auf die Nützlichkeit, diesen Utilitarismus reduziert wird.

Uta Eser

Deswegen habe ich das IPBES-Schema aufgelegt, weil das im IPBES der zentrale Diskussionspunkt war: Welchen Rahmen setzt man an, den naturwissenschaftlich-eurozentrisch-rationalistischen (oder wie auch immer er genannt wird) oder lässt man andere Weltsichten zu?

Die sind alle in dieser großen Gruppe. Da ist von Pachamama und Mama Earth bis hin zu Relation in Values alles drin, was weder instrumentell ist, aber auch nicht Eigenrechte der Natur behauptet.

Carl Friedrich Gethmann

Das ging schon fast über in die Grundsatzdebatte über. Ich sehe an den Mikrofonen niemanden mehr, deshalb gehen wir über zum Vortrag von Justus Wesseler zur ökonomischen Sicht.

Ökonomische Aspekte des Einsatzes von Gene-Drive

Justus Wesseler · Wageningen University & Research (NL)

(Folie 1)

Meine Damen und Herren, ich möchte Sie herzlich begrüßen und mich auch bei den Veranstaltern bedanken. Es ist extrem wichtig, dass die Auseinandersetzung, die Debatte über die unterschiedlichen Interpretationen und Meinungen zu dieser Technologie oder zu neuen Technologien im Allgemeinen früh stattfinden, damit wir aus ökonomischer Sicht ein bisschen Zeit gewinnen. Ich werde in meinem Vortrag weiter darauf eingehen.

Bevor ich starte: Ich habe meine Doktorarbeit auf den Philippinen geschrieben und habe dort mit Landwirten zusammengearbeitet in den Bergregionen. Ich weiß noch den ersten Tag, als ich in ein kleines Dorf gekommen bin – wir sind

den Weg runtergegangen, da saßen die Leute schon am Fenster und guckten: Was will denn der Weiße hier? Und da saß eine Mutter mit ihrem Kind und hat auch gewinkt und da hab ich dem Kind so zurückgewinkt, da machte das Kind die Augen auf und die waren weiß. Dead Eyes, The Dead Eyes of London, falls sich jemand noch an Edgar Wallace erinnert.

Warum sage ich das? Ökonomen wird häufig unterstellt, dass sie nur mit kalten Zahlen und Fakten argumentieren. Das mag wohl richtig sein, aber hinter diesen Zahlen und Fakten stehen in der Regel Menschen, die Natur oder anderes. Und das dürfen wir in dieser Debatte nicht vergessen, und darauf möchte ich hinweisen, wenn ich nun in meinem Vortrag fortschreite.

(Folie 2)

Als Ökonomen beschäftigen wir uns, wenn wir über neue Technologien sprechen, häufig mit dem Nutzen dieser Technologien. Wer nutzt sie? Wer hat einen Vorteil davon? Wir schauen uns die Kosten an: Wie viel kostet der Einsatz einer neuen Technologie? Wer trägt die Kosten?

Und wir versuchen das dann in wirtschaftlichen Zahlen zusammenzufassen, um Vergleiche anstellen zu können.

(Folie 3)

Nun schauen wir uns diese neue Technologie an, die wir heute diskutieren, Gene-Drive. Auf den Nutzen wurde schon hingewiesen: für den Menschen, für die Tiere, für die Pflanze. Wir haben auch diese Grafik schon gesehen, die zeigt, in welchen Bereichen zu erwarten ist, dass diese neue Technologie eingesetzt wird.

Worauf ich an dieser Stelle besonders hinweisen möchte und was bisher in der Debatte noch nicht so angesprochen wurde, ist, dass Wissenschaftler auch Strategien entwickeln, um Arten, die be-

droht sind und auf der Roten Liste stehen, über Gene-Drive-Methoden zu erhalten oder in bestimmten Regionen wieder einzuführen, wo sie früher existiert haben.

Zum Beispiel denkt Neuseeland darüber nach, ob man den Dodo wieder einführen sollte, aber auch, ob man mit diesen Technologien Ratten und Mäuse von der Insel entfernen sollte.

Dort findet eine breite Debatte bezüglich dieser Problematik statt. Für mich ist das Interessante, dass die Debatte hauptsächlich von den Maoris getrieben wird. Die sagen: Wir wollen das. Früher gab es keine Ratten und Mäuse auf unserer Insel. Wir möchten, dass diese wieder verschwinden und dass der Dodo zurückkommt.

Anderes Beispiel: Die Insel Martha's Vineyard und Nantucket hatten eine Initiative gestartet, um die Zecken von der Insel zu entfernen. Zecken übertragen mehrere Krankheiten, zum Beispiel Lyme Disease. Der Zwischenwirt der Zecke ist eine Maus, und man versucht jetzt über Gene-Drive Mäuse auf der Insel zu etablieren, an denen die Zecken nicht überleben können. Das heißt, man versucht die Zecken von der Insel zu entfernen.

Wir hatten letzte Woche eine Tagung in Holland, wo Wissenschaftler darüber berichtet haben, wie weit sie in dem Bereich sind, weil sie schon mit der Bevölkerung auf diesen beiden Inseln zusammenarbeiten. Sie sagten: Das Schrecklichste, was sie dort vortreffen, ist, dass die Erwartungen in der Bevölkerung so extrem hoch sind und dass sie diese Erwartungshaltung reduzieren müssen. Das ist nicht etwas, was in zwei oder drei Jahren, sondern in sechs oder acht Jahren eventuell erfolgversprechend eingesetzt werden kann.

Wir sprechen hier über Turbo. Aber Turbo ist wahrscheinlich nur das, was, wenn wir uns mit

der Analyse des Genoms beschäftigen, wirklich schneller geht. Turbo ist nicht, wenn es darum geht, diese neuen Technologien in etwas umzusetzen, was dann praxisreif ist. Im Moment jedenfalls sieht es nicht danach aus.

(Folie 4)

Wir haben die Krankheiten besprochen. Wenn wir uns das anschauen – wo sind eigentlich die Problemgebiete? Das sind hauptsächlich Gebiete auf der südlichen Hemisphäre, Regionen, die in der Regel auch durch starke Armut geprägt sind.

(Folie 5)

Auch über invasive Arten wurde schon gesprochen. Dort bietet die Technologie auch Möglichkeiten, hier zum Beispiel zur Kontrolle der Citrus Greening Disease, die über den Vektor *Diaphorina citri* auf Zitruspflanzen übertragen wird. Die Abbildung zeigt die Verbreitung über die Zeit in Kalifornien.

Ein anderes Beispiel, das Anfang dieses Jahres in der Presse stärker berücksichtigt wurde, ist die Invasion des Eulenfalters (auf Englisch: des Fall Armyworms) in Afrika, der zu massiven Ernteverlusten im Maisanbau geführt hat, in manchen Regionen in Sambia zu 90 Prozent.

Kontrollstrategie? Die chemische Industrie wird's freuen: ein massiver Einsatz von Insektiziden. Ruanda hat ein spezielles Aufkaufprogramm gestartet, um die gesamte Landwirtschaft in Ruanda mit Insektiziden auszustatten, um den Fall Armyworm unter Kontrolle zu halten.

(Folie 6)

Wenn wir auf die Kostenseite schauen, haben wir uns natürlich mit den Anwendungskosten zu beschäftigen: Wie teuer ist es eigentlich, diese Technologie einzusetzen?

Noch relevanter bei der Entwicklung dieser Technologien sind aber die Forschungs- und

Entwicklungskosten. Ich habe schon gesagt: Man rechnet mit vier, fünf, acht Jahren, bis die ersten Produkte zum Beispiel zur Kontrolle von Greening oder Fall Armyworm den Markt erreichen werden. Das ist für jemanden, der in diesem Bereich investieren will, ein sehr langer Zeitraum. Das bedeutet eventuell auch (darauf werde ich noch eingehen), dass es für den privaten Sektor nicht so interessant ist, groß in diese Technologie zu investieren.

Zusätzlich zu diesen Kosten kommen eventuelle Kosten, die das Ökosystem betreffen. Als Ökonomen sprechen wir da häufig von den externen Kosten. Das heißt: Wenn wir eine Mosquitoart, eine Subspecies of a subspecies of a subspecies (wir haben das heute Morgen gesehen: Drei von 863 Mosquitoarten sind davon betroffen), aus dem Ökosystem herausnehmen, was sind die möglichen Folgekosten für das ökologische Gleichgewicht?

Biologen, die sich mit diesen Mücken beschäftigen, sagen: Wenn wir drei Subarten aus dem Ökosystem entfernen, ist der Effekt auf das gesamte Ökosystem wohl als sehr gering einzuschätzen. Die Argumentation ist, dass diese Nischen dann von den anderen Moskitos, die in der Umwelt herumfliegen, geschlossen wird.

Anders sieht es aus, wenn wir uns mit der Kontrolle von invasiven Arten beschäftigen: Fall Armyworm, Greening, Maiswurzelbohrer. Da können wir in der Regel davon ausgehen, dass sich diese invasiven Arten noch nicht im Ökosystem etabliert haben. Auf EU-Ebene zum Beispiel haben wir Programme, dass, wenn etwas als invasive Art eingestuft worden ist, Kontrollmaßnahmen eingeleitet werden, um die Invasion zu stoppen. Diese *eradication programs*, zum Beispiel für den Maiswurzelbohrer, waren nicht erfolgreich. Eventuell liefert Gene-Drive da eine

Alternative, und dann wäre der Ökosystem-Effekt wahrscheinlich geringer zu bewerten – als negativ.

Die Einführung dieser Technologie, auch wenn man sich Nutzen und Kosten anschaut und wenn man in der Lage ist, das einigermaßen zu bewerten, ist nicht ohne gesellschaftliche Debatte zu führen. Die Verantwortung für den Einsatz dieser Technologie – da sind sich die Wissenschaftler, die an diesen Projekten arbeiten, einig – sollte nicht allein den Wissenschaftlern überlassen bleiben. Das heißt, wir brauchen diesen gesellschaftlichen Diskurs, wie wir ihn heute hier haben.

(Folie 8)

Heute Morgen wurde schon darauf eingegangen, wie wir mit Unsicherheiten und Risiken in diesem Bereich umzugehen haben, wie wir mit den Nutzen und Kosten unter Unsicherheit sowie unter Irreversibilität und Reversibilität umzugehen haben.

(Folie 9)

Ökonomen setzen in der Regel eine Kosten-Nutzen-Analyse als Instrument der Umsetzung des Vorsichtsprinzips ein. Ich möchte kurz auf die Logik eingehen, die da eingesetzt wird.

Pascal's Wager: Nehmen Sie an, Sie können nicht ausschließen, dass Gott nicht existiert und dass Sie, falls Sie sich nicht so verhalten, wie Gott es gerne möchte, nicht in den Himmel, sondern in die Hölle kommen. Dann wäre es sinnvoll, sich so zu verhalten, als wenn Gott existieren würde. Das macht Sinn: Ich kann nicht ausschließen, dass Gott nicht existiert; also bin ich lieber vorsichtig.

(Folie 10)

Das Gegenargument ist *a many gods objection*: Ich kann nicht ausschließen, dass Gott existiert,

aber ich kann auch nicht ausschließen, dass viele andere Götter existieren, zum Beispiel Odin. Und Odin mag es nicht, wenn ich mich so verhalte, als wenn Gott existieren würde, und würde mich bestrafen, falls ich mich so verhalten würde.

Ich kann beides nicht ausschließen: dass Gott existiert und dass Odin existiert. Das heißt, das Argument, bloß weil ich etwas nicht zu 100 Prozent ausschließen kann, weil ich nicht den 100-prozentigen Beweis liefern kann, ist keine gute Grundlage für Entscheidungsfindungen. Ich kann genau das Gegenteil nicht ausschließen. Übertragen auf neue Technologien: Gene-Drive kann schlecht für die Umwelt sein und extreme Umweltschäden mit sich führen; andererseits kann der Nicht-Einsatz von Gene-Drive genau das Gleiche produzieren. Dieses Argument hilft uns in der Debatte nicht weiter.

Das heißt nicht, dass man nicht vorsichtig sein soll, sondern wie kann man vorsichtiges Verhalten umsetzen, damit es sinnvoll wird?

(Folie 11)

Zur Umsetzung wird dann, wenn wir uns mit neuen Technologien oder anderen Problemen beschäftigen, geschaut: Welche Kosten und Nutzen bringen diese neuen Technologien? Welche sind als reversibel einzustufen und welche als irreversibel? Welche können wir speziellen Akteuren zuordnen? (Dem privaten Sektor) Welche haben wir eventuell als externe oder sind dem öffentlichen Sektor zuzuordnen?

(Folie 12)

Für diese Vergleiche stellen wir immer einen relativen Vergleich an. Wir schauen uns die Second Best Alternative an. Diese Relationen können auf der Nutzen- und auf der Kostenseite entstehen, und sie können zwischen einzelnen Akteuren, die wir in unserer Analyse betrachten,

unterschiedlich ausfallen. Wenn wir uns also mit der relativen Betrachtung von Kosten und Nutzen beschäftigen, müssen wir sehr vorsichtig sein mit der Zuordnung dieser Kosten und Nutzen, um nicht zu einer Fehlinterpretation zu gelangen.

(Folie 13)

Um das Ganze dann umzusetzen, wenn wir denn zu der Entscheidung gekommen sind, dass es Sinn machen würde, diese neue Technologie einzusetzen, bedeutet es nicht notwendigerweise, dass es auch dazu kommen wird. Das heißt: Es muss auch aus ökonomischer Sicht ein Anreiz für die Akteure am Markt bestehen (Markt einschließlich universitäre Forschung, öffentliche Forschung, private Unternehmen), diese Technologien anzubieten.

Bei den Anreizeffekten spielt wiederum eine Rolle, besonders für den privaten Sektor, wie die Eigentumsrechte an diesen neuen Technologien ausgestattet werden. Ist es möglich, ein Patent auf Gene-Drive Technologys zu bekommen? Ist es möglich, ein Patent zur Kontrolle des Vektors *Diaphorini citri* zu bekommen? Kann ich, wenn man es im größeren Bilde sehen will, ein Patent auf Leben bekommen?

Da bestehen unterschiedliche Ansichten. Es gibt eine große Debatte in Europa, auch woanders (denken wir an den Blumenkohl und andere Beispiele), wie in dem Bereich entschieden werden soll. Eigentumsrechte an sich sind weder gut noch schlecht. Sie können Eigentumsrechte nutzen, Patente, um den Zugang zu der Technologie abzusichern. Letztendlich hängt es von demjenigen, der das Eigentumsrecht innehat, ab, wer Zugang zu dieser neuen Technologie hat. Zum Beispiel ist es interessant für Universitäten, Patente zu beantragen, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse dieser Forschung einer breiten Öff-

entlichkeit und einer breiten Reihe von Forschung weiter zugänglich sind.

Ein weiterer Aspekt bezüglich der Anreizeffekte ist: Wie kann Vermarktung in dem Bereich aussehen? Wie soll diese neue Technologie, wenn wir zum Beispiel über die Moskitos sprechen, eigentlich in den einzelnen Ländern eingeführt werden? Wer entscheidet? Ist es das einzelne Dorf, das sich dafür zu entscheiden hat? Muss ich als „Anbieter“ mit den einzelnen Dörfern verhandeln, welches es teurer macht? Muss ich als Anbieter mit der Regierung verhandeln? Wer setzt es um? Bin ich als Anbieter dafür mit verantwortlich? Übernimmt das der staatliche Sektor? Wie verläuft die Vermarktung dieser neuen Technologien? Und das hat wiederum Einfluss auf die Kosten.

Dann ist auch die Frage, wie Schadenshaftung und Regulierung in dem Bereich aussehen: Wer kommt für potenzielle Schäden auf? Ist das der Anbieter, der Entwickler der Technologie? Die Ex-post-Liability? Gibt es Maßnahmen und Politiken, um die Ex-post-Liability umzusetzen? Wir haben das in vielen Bereichen, dass man in einen speziellen Fonds einzahlen muss, um mögliche Folgeschäden zu kompensieren.

Reicht ein System aus, wo wir ein strenges Ex-post Liability Regulatory Environment haben? Wie zum Beispiel in den USA, wo die Ex-post-Schadenshaftung stärker etabliert ist als in Europa. Findet dort ein Schaden statt, dann können Sie das Unternehmen für mehrere Millionen Dollar verklagen, was über den persönlichen Schaden, den Sie erlitten haben, hinausgeht, um das Unternehmen davon abzuhalten, dies noch mal zu tun.

In der Theorie hört sich das gut an, weil das Anreize setzt für die Unternehmen, vorsichtig zu sein. Andererseits hat man festgestellt: Ja – wenn

das dann so ist, was machen die Unternehmen? Man kann sich zum Beispiel als bankrott erklären. Das heißt, die Schäden können sozusagen gar nicht eingeführt werden.

Was machen die Unternehmen? Hire the top lawyer of the world. Unternehmen haben, so wurde beobachtet, in der Regel mehr Geld zur Verfügung als ein einzelner Kläger, können sich Top-Rechtsanwälte leisten und haben dadurch eine bessere Möglichkeit, erfolgreich zu sein.

(Folie 14–16)

Das kann man ökonomisch bewerten, indem man sich an die marginalen Kosten und an den marginalen Nutzen des Einsatzes einer neuen Technologie wendet und versucht, das soziale Optimum zu ermitteln, und dann die neue Situation mit der Ausgangssituation vergleicht, um festzustellen, ob es zu einem schlechteren oder besseren Ergebnis kommt.

(Folie 16)

Letzter Punkt: Ich hatte auf die Investitionskosten und auf Regulierung hingewiesen. Was wir beobachten, wenn wir uns mit Regulierung beschäftigen, ist, dass diese Kosten als versunkene Kosten betrachtet werden; Ökonomen bezeichnen das als irreversible Kosten. Nun ist es leider so: Wenn wir uns mit Unsicherheit beschäftigen bezüglich des Nutzens des Einsatzes einer neuen Technologie, dann verlangt eine Einheit an irreversiblen Kosten mehr als eine Einheit an zusätzlichen Nutzen, um Anreize zu setzen, dass der Anbieter einer neuen Technologie investiert. Das heißt, Regulierungskosten haben ein höheres Gewicht als zum Beispiel Anwendungskosten.

Man kann das Gleiche auch einsetzen, um sich mit Umweltkosten auseinanderzusetzen. Denn das gleiche Argument führt dazu, dass Umweltkosten in der Regel höher einzuschätzen sind als

andere Kosten. Das heißt, eine Einheit an Umweltkosten (wenn es sich zum Beispiel um die Reduzierung der Biodiversität, die als irreversibel angesehen wird, handelt) wiegt stärker als eine Einheit an anderen Kosten oder Nutzen.

Über diesen Ansatz zur Bewertung neuer Technologien können wir das Vorsichtsprinzip in unsere Berechnungen mit einfügen.

(Folie 17)

Zusammenfassend: Die grundsätzliche Frage ist: Rechtfertigen die Nutzen die Kosten? Die Beispiele, die ich angeführt habe, insbesondere zur Kontrolle invasiver Arten, scheinen dies meiner Meinung nach zu rechtfertigen.

Forschung und Entwicklung als auch staatliche Regulierung haben einen höheren Kosteneffekt als die Anwendungskosten. Daher ist es in der Debatte wichtig, dass man sich mit dieser Thematik auseinandersetzt. Je eher man zu einer vernünftigen Regulierung dieser neuen Technologien kommt, desto geringer werden die Kosten über staatliche Regulierung sein und desto höher die Möglichkeit, dass die Technologien, die als erfolgversprechend angesehen werden können, zum Einsatz kommen.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Carl Friedrich Gethmann

Gibt es Verständnisfragen? –

Dann habe ich eine Frage: Unterscheiden Sie begrifflich zwischen Vorsorge- und Vorsichtsprinzip? Das scheint mir etwas Verschiedenes zu sein.

Justus Wesseler

Begrifflich würde ich da nicht unterscheiden. Ich würde das so zusammenfassen, wie ich es erklärt habe, weil beides im Zusammenhang steht.

Carl Friedrich Gethmann

Ich habe den Eindruck, dass das im deutschen Umweltrecht unterschieden wird. Aber die Juristin kommt ja noch, deswegen können wir das offenlassen.

Frau NN

Hier ging es um Ökonomie, und es gibt ja die Ewigkeitsgarantie im Bergbau. Ich habe das zufällig irgendwann in einem Beitrag gehört und finde, das gehört in Schulbücher. Bevor man solche ökonomischen Zusammenhänge nicht in Schulbüchern diskutiert, ist eine Diskussion von solchen komplexen Dingen wie Gene-Drive – das darf man nicht vorher machen.

Justus Wesseler

Das mit dem Schulbuch habe ich nicht verstanden, also akustisch.

Frau NN

Die Information über so etwas wie die Ewigkeitsgarantie müsste schon Schulkindern zur Verfügung stehen, um abschätzen zu können, was es für Kosten geben kann, zum Beispiel dass in diesem Fall Pumpen über Jahrhunderte oder Jahrtausende laufen müssen, damit das Ruhrgebiet nicht unter Wasser steht. Das muss jetzt diskutiert werden, damit man irgendwann darüber diskutieren kann. Denn das fehlt bis jetzt.

Justus Wesseler

Ich würde zustimmen, dass man diese Aspekte mit in die Schulbildung hineinnimmt. Die Ewigkeitsgarantie ist schon mit aufgenommen worden und wird berücksichtigt. Wir können uns trefflich darüber streiten, ob das ausreichend ist. Aber es ist nicht so, dass es ignoriert wird.

Carl Friedrich Gethmann

Außerdem wäre zu diskutieren, ob ein See im nördlichen Ruhrgebiet nicht für viele Leute ei-

nen Nutzen darstellen würde, ja? [Lachen] Natürlich erst nach Umsiedlung, damit wir uns da recht verstehen.

Dann kommen wir zum juristischen Vortrag. Frau Vöneky wird über rechtliche und rechtsethische Fragen heute und in Zukunft sprechen. Frau Vöneky war in der letzten Amtsperiode Mitglied des Deutschen Ethikrates, und ich freue mich, dass wir uns hier wieder treffen.

Gene-Drives – Rechtliche und rechtsethische Fragen heute und in Zukunft

Silja Vöneky · Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Danke schön. Gene-Drives sind, wie wir schon in den Vorträgen gehört haben, ein hochspannendes Forschungsfeld, das nicht nur aus naturwissenschaftlicher Perspektive, sondern auch in Bezug auf die Fragen der rechtlichen Normierung und Regulierung auf den verschiedenen Ebenen und durch die verschiedenen Akteure wesentliche Fragen aufwirft.

Mein Vorredner hat viele Fragen gestellt. Vorweg: Zum Patentrecht werde ich mich nicht äußern, und auch das Vorsorgeprinzip wird vielleicht weniger eine Rolle spielen, als manche von Ihnen meinen.

Reden möchte ich über die Normen, wie sie heute schon bestehen, aber auch, wie sie in Zukunft aussehen sollen. Aus rechtlicher und rechtsethischer Sicht stellt sich also die Frage, welche Norm im nationalen Recht, aber auch im Europa- und Völkerrecht Gene-Drives bereits heute erfassen und welche sie zukünftig erfassen sollen. Auch wenn nach einem sinnvollen Governance-Regime für die Zukunft gesucht wird und

der Fokus damit nicht nur staatliche Regeln sind, müssen zuerst die staatlichen Regeln in den Blick genommen und die erwünschten und unerwünschten Lücken analysiert werden. Das gilt umso mehr, als auch Naturwissenschaftler vor der Freisetzung von Organismen warnen, die mit Gene-Drives ausgestattet sind. Nicht ausgeschlossen ist zudem – davon haben wir heute noch wenig gehört –, dass diese Forschung und Technik missbraucht werden kann, um als Waffe eingesetzt zu werden.

Mein Vortrag wird also die Vor- und Nachteile der bestehenden Norm aufzeigen. Diskutiert wird auch, ob neue Normen auf nationaler, europäischer Ebene erforderlich sind und ob Deutschland sich dafür einsetzen sollte, dass internationale Normen ergänzt werden, um Gene-Drive-Experimente oder deren Nutzung (hier muss unterschieden werden) rechtlich einzuhegen.

Bevor ich zu meiner rechtlichen Analyse komme, erlauben Sie mir einige einleitende Worte. Aus rechtlicher und rechtsethischer Sicht zeichnet sich bei Gene-Drives die Schwierigkeit ab, die viele neue Technologien und Forschungsbereiche kennzeichnet: Wie wir gehört haben, gibt es enorme Chancen, auch auf Heilung so schrecklicher und weit verbreiteter Krankheiten wie Malaria, aber auch Risiken, die zum Teil als hoch, sogar als existenziell oder katastrophal eingeschätzt werden.

Auch wenn wir heute Morgen von dem ersten Sprecher anderes gehört haben: Ich kann mich noch gut erinnern, als ich in Boston bei einem Treffen des Future of Life Institutes war und ein wichtiger US-Genetiker der Ostküste, nachdem er gehört hatte, dass ich aus Deutschland komme und damals noch im Deutschen Ethikrat war, zu mir gesagt hat: „Aus Deutschland kommen Sie?

Deutscher Ethikrat – mit Human Enhancement habe ich keine Probleme. Aber Gene-Drives, das ist wirklich eine gefährliche Sache.“ Das war im Jahr 2015.

Wie groß die Risiken sind, ist umstritten; auch das haben wir gehört. Es gibt zwar Forscher, die erfolgreich in diesem Bereich forschen, wie beispielsweise Kevin Esvelt, MIT [Massachusetts Institute of Technology], und dennoch deutlich und klar vor den Gefahren warnen. Es gibt aber andere Forscher, die das differenzierter und anders sehen. Es scheint also auch bei Gene-Drives ein Forschungsbereich vorzuliegen, in dem weder über die Chancen noch über die Risiken oder deren Bewertung Einigkeit besteht.

Bezeichnend für diese Situation ist auch die gegensätzliche Haltung von NGOs [Nichtregierungsorganisationen] und privaten Akteuren. Während sich über 160 NGOs für ein Moratorium in Bezug auf Feldversuche insbesondere mit Gene-Drives im Rahmen der Biodiversitätskonvention ausgesprochen haben – was dann von den Vertragsparteien abgelehnt wurde –, scheint das insbesondere von der Gates Foundation getragene Projekt Target Malaria auch Gene-Drives nicht auszuschließen in ferner Zukunft.

Doch bei allem Streit gibt es auf naturwissenschaftlicher Seite Fakten, über die Konsens besteht. So sind sich die Forschenden wohl einig, dass es Off-Target Effects gibt, also unbeabsichtigte kurz- oder langfristige Folgen des Gene-Drives an dem veränderten Organismus, und dass es Non-Target-Effects gibt, also Folgen eines Gene-Drives, die ebenfalls unbeabsichtigt waren und die an anderen Organismen oder der Umwelt auftreten.

Interessant und wichtig für eine ethische und vielleicht auch rechtliche Bewertung ist die von

Forschenden verwendete Differenzierung zwischen *low threshold gene drives* und *high-threshold gene drives*. Letztere, also Gene-Drives mit hoher Einsatzschwelle, sind solche, bei denen eine große Anzahl veränderter Organismen freigelassen werden muss, zum Teil über mehrere Generationen hinweg, um sich in Wildpopulationen zu verbreiten.

Gene-Drives mit geringer Einsatzschwelle sind wesentlich risikoreicher. Hier muss nur eine kleine Anzahl veränderter Tiere, gegebenenfalls sogar nur ein einziges in die Umwelt gelangen, auch durch Unfälle, damit der Drive-Prozess beginnt. Hier ist die Frage, ob es Mechanismen geben kann, die dennoch die Rückholbarkeit oder eine geografische Begrenzung sicherstellen, um die Risiken einzudämmen. Dazu wird schon geforscht.

Im Übrigen: Das Beispiel von Martha's Vineyard, das mein Vorredner gebracht hat – ich habe mich mit Kevin Esvelt ausgetauscht, der dieses Projekt maßgeblich betreibt. Er sagt: Im Moment hat es nichts mit Gene-Drives zu tun. Vielleicht sollen irgendwann sogenannte Daisy Drives, die Rückholbarkeit gewährleisten, auf Martha's Vineyard eingesetzt werden. Aber das ist noch nicht der Fall.

Offensichtlich ist auch, dass Gene-Drives aus individuellethischer Sicht wichtige Fragen aufwerfen, selbst wenn sie zur Behandlung von Krankheiten eingesetzt werden. Die Drive-Technologie hat keine realistische Opt-out-Möglichkeit für einzelne Menschen oder Menschengruppen. Anders als bei Impfkampagnen können Menschen sich nicht entziehen, wenn veränderte Insekten auf sie zur Krankheitsbekämpfung einwirken könnten. Für Staaten stellt sich die Situation ähnlich dar: Wenn Gene-Drives die geografischen Grenzen überschreiten, gibt es auch kein Opt-out

mehr, und die Souveränität und die territoriale Integrität eines Staates können verletzt sein.

Wichtig ist ethisch und rechtlich noch ein weiterer Aspekt: Bei meinen Beispielen bisher ging es um friedliche Forschung zu friedlichen Zwecken. Es gibt aber im Bereich der Gene-Drives Studien zu Dual-Use-Gefahren, die nicht verkannt werden dürfen. Dual Use bedeutet den Missbrauch von Forschung für militärische und terroristische Zwecke.

Dass dies keine irrationalen Ängste sind, zeigt das Safe Genes Project der DARPA, der Defense Advanced Research Project Agency; das ist der Forschungsarm des US-Verteidigungsministeriums. Ziel der DARPA ist die Finanzierung von Zukunftstechnologie für die nationale US-Sicherheit. Gene-Drives werden im Safe Gene Project gegenwärtig mit 65 Millionen US-Dollar gefördert und von sieben Teams mit hochrangigen Forschern auch an der Ost- und Westküste der USA auf Missbrauchgefahren naturwissenschaftlich untersucht.

Auch und gerade Gene-Drives sind daher ein Forschungsbereich, der dazu führt, dass, wie es Martin Rees, Professor in Cambridge und ehemaliger Präsident der Royal Society formuliert, „wir am Beginn einer Epoche stehen, in der wenige Individuen durch Irrtum oder Terror mit solch großer Schnelligkeit einen Zusammenbruch der Gesellschaft herbeiführen können, dass palliatives Regierungshandeln nicht mehr nützen wird.“ Also Error oder Terror könnte uns gefährden. Das Recht muss daher vorsorglich auf Irrtum und Terror reagieren, aber auch unbeabsichtigte Folgen wie Off-Target- oder Non-Target-Effects mit einbeziehen.

Nach dieser Einleitung möchte ich Ihnen in meinem zweiten Teil im Überblick die wichtigsten Elemente des Rechts darstellen, wie es sich ge-

genwärtig darstellt. Ja, wir haben Normen, und ja, sie passen auch auf Gene-Drives, zumindest auf einen Teil.

Aus rechtlicher Sicht stellt sich die Frage, welche Normen im nationalen Recht, Europa- und Völkerrecht Gene-Drive erfassen. Wie wir wissen, sind Gene-Drives kein nationaler Forschungsbereich. Wichtig sind daher insbesondere die völkerrechtlichen Normen. Besonders relevant ist hier das Cartagena-Protokoll über biologische Sicherheit, das seit 2003 bereits in Kraft ist. Es ist ein Zusatzprotokoll zu der schon erwähnten Biodiversitätskonvention von 1993, deren Ziel unter anderem die Erhaltung der biologischen Vielfalt ist. Das Cartagena-Protokoll enthält Regelungen zur grenzüberschreitenden Verbringung genmodifizierter Organismen und zur Vermeidung negativer Auswirkungen durch die Freisetzung solcher Organismen. Es wird mittlerweile ergänzt durch das Zusatzprotokoll von Nagoya/Kuala Lumpur über Haftung und Wiedergutmachung, das nächstes Jahr im Januar in Kraft treten soll.

Das Cartagena-Protokoll regelt die Anwendung über die grenzüberschreitende Verbringung, Durchführung, Handhabung und Verwendung dieser lebenden veränderten Organismen (Living Modified Organism, LMOs). Die große Frage bei CRISPR/Cas war immer: Sind mit CRISPR/Cas veränderte Pflanzen und Tiere LMOs?

Bei Gene-Drives ist die Frage einfach zu beantworten. Die mit einem Gene-Drive versehenen Organismen sind vom LMO-Begriff des völkerrechtlichen Cartagena-Protokolls erfasst. Die Organismen verfügen über eine neuartige Kombination genetischen Materials, die durch die Nutzung der modernen Biotechnologie erzielt wurde.

Was ist die Folge der Anwendung? Die allgemeinen Regeln des Protokolls finden Anwendung. Es gibt keine Sondernormen in diesem Regime für Gene-Drives. Ein Moratorium wurde im Rahmen der 13. Vertragsstaatenkonferenz 2016 abgelehnt, obwohl von NGOs gefordert.

Anwendung findet damit das im Protokoll vereinbarte Verfahren der vorherigen Zustimmung und Kenntnis der Sachlage. Das klingt sperrig, bedeutet aber für den Import, dass es bei einer absichtlichen grenzüberschreitenden Verbringung zum Zweck absichtlicher Einbringung in die Umwelt der Zustimmung des jeweiligen Staates bedarf. Das gilt jedoch nicht für Labore.

Wichtig für Unfälle, aber auch für Fragen der Biosecurity: Wenn ein Vertragsstaat Kenntnis hat von einem Ereignis, bei dem es zu einer unabsichtlichen grenzüberschreitenden Verbringung von LMOs kommt oder kommen kann, die wahrscheinlich erhebliche nachteilige Auswirkungen hat, dann muss dieser Staat andere Staaten benachrichtigen – es ist sogar eine Benachrichtigungspflicht bei Unfällen verankert – und ebenfalls die Informationsstelle für biologische Sicherheit benachrichtigen. Zudem müssen sie rechtswidrige grenzüberschreitende Maßnahmen verhindern. Staaten sind also bereits völkerrechtlich in der Pflicht. Ist dies nicht der Fall, muss der Staat, der keine geeigneten Maßnahmen ergriffen hat, den betreffenden LMO auf eigene Kosten zurücknehmen oder vernichten, also ziemlich weitgehend.

In dem Haftungsprotokoll, das 2018 in Kraft tritt, ist eine verschuldensunabhängige Verpflichtung der Betreiber zu Abhilfemaßnahmen für alle messbaren und beobachtbaren erheblichen Schäden vorgesehen. Allerdings können nicht nur Haftungsobergrenzen und Haftungsausschlüsse vereinbart werden. Jedoch können

hier Haftungsausschlüsse für höhere Gewalt, Kriegshandlung oder ähnliche Fälle eingreifen. Ausgeschlossen werden können also Schäden, die durch Terrorismus entstehen.

Achtung: Das ist alles Vertragsrecht. Beide Protokolle binden nur die Staaten, die Vertragspartei sind. Gegenwärtig sind es bei Cartagena über 160 Staaten, beispielsweise Deutschland, die EU, viele Staaten, auch Afrikas (auch Ruanda beispielsweise ist gebunden) und Südamerikas. Auch Pakistan, Indien und China sind durch das Cartagena-Protokoll gebunden, jedoch nicht zentrale Akteure wie die USA.

Das hat nichts mit der Administration der Neun [?] zu tun. Nichtparteien wie die USA sind damit nur an die Regeln gebunden, die gewohnheitsrechtlich verankert sind. Gerade für die Norm des Cartagena-Protokolls trifft dies jedoch nicht einfach so zu. Selbst die gewohnheitsrechtliche Geltung des Vorsorgeprinzips ist umstritten. Auch kann nach herrschender Ansicht nicht von einer gewohnheitsrechtlichen völkerrechtlichen Gefährdungshaftung ausgegangen werden. Staaten haften daher nicht, wenn sie sich völkerrechtskonform verhalten, aber besonders gefährliches Verhalten erlauben. Staaten haften gewohnheitsrechtlich nur für völkerrechtswidriges Verhalten. Dies könnte beispielsweise vorliegen, wenn bestimmte Sorgfaltspflichten verletzt werden in Bezug auf Gene-Drives. Hier ist aber unklar, was der Sorgfaltsmaßstab ist.

Neben Cartagena sind weitere Verträge wichtig. Nur zwei will ich und kann ich noch nennen. Der eine ist die B-Waffen-Konvention, die die Herstellung und den Einsatz von Gene-Drives als Waffe verbietet. Die B-Waffen-Konvention ist ein wichtiger Vertrag, der die Herstellung biologischer Waffen verbietet. Nicht begrenzt ist jedoch friedliche Forschung. Das heißt aber im

Umkehrschluss, dass Dual-Use-Probleme von der B-Waffen-Konvention gerade nicht gelöst werden. Zudem hat sie kein Implementierungs- bzw. Verifikationsregime.

Anwendung auf Gene-Drives findet auch die ENMOD-Konvention [Convention on the Prohibition of Military or Any Hostile Use of Environmental Modification Techniques] von 1977, die im Nachklang des Vietnamkriegs von den USA und Russland initiiert wurde und mittlerweile über siebzig Vertragsparteien hat. Sie verbietet den Einsatz umweltverändernder Techniken, die schwerwiegende Auswirkungen haben, zu militärischen Zwecken oder als Mittel der Zerstörung, Schädigung und Verletzung eines anderen Vertragsstaates. Nicht erfasst werden jedoch auch hier Off-Target oder Non-Target Effects. Nicht erfasst wird zudem Terror durch Private. Verboten bleibt aber durch die ENMOD-Konvention wie durch die B-Waffen-Konvention die bewusste Manipulation der Umwelt durch Gene-Drives durch Staaten für kriegerische Zwecke.

Ein erstes Fazit der völkerrechtlichen Norm: Das Cartagena-Protokoll ist ein wichtiger Vertrag mit sinnvollen Regeln, die aber nicht lückenlos sind und insbesondere Dual-Use-Fragen nicht in den Blick nehmen. Ein großer Mangel des Regimes ist, dass es keine echte universale Geltung hat und nicht alle relevanten Staaten, insbesondere die USA, nicht erfasst.

Auch die B-Waffen-Konvention und die ENMOD-Konvention lösen das Dual-Use-Problem nicht. Somit fehlt es an universalen Vertrags- und möglicherweise auch an einer Soft-Law-Deklaration, die detailliertere Vorgaben macht für eine Art präventive Risikoevaluierung, die auch mehr Transparenz fordert, viel-

leicht sogar eine Registrierungspflicht, wie manche Forscher dies auch in den USA fordern.

Ein kurzer Blick auf das deutsche und das EU-Recht. Für Deutschland und die EU ist entscheidend, dass die europäische Regulierung die GVOs ebenfalls umfasst und auch das deutsche Gentechnikrecht Gene-Drives als GVOs im Sinne von Paragraph 3 Gentechnikgesetz erfasst.

Es gibt eine Stellungnahme der ZKBS [Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit], die sehr kurz ist (nur vier, fünf Seiten), aber klar darlegt, dass auch hier das allgemeine Verfahren Anwendung findet. Die ZKBS hat im Ergebnis festgestellt, dass die Herstellung und der Umgang mit Gene-Drives in die Sicherheitsstufe 2 eingestuft werden soll in Bezug auf Sicherheitsstufen von 1 bis 4. Eine Einzelfallbewertung, wenn Gene-Drive-Systeme hergestellt werden, sei jedoch weiter erforderlich. Das heißt: Das alte Recht erfasst die neue Technik und wir können zu begründeten Lösungen kommen.

Interessant an der Stellungnahme der ZKBS ist, dass sie sich nur mit Safety-Fragen beschäftigt (also der Möglichkeit der Ausbreitung von Gene-Drives in der Wildpopulation), und nicht mit Security-Fragen. Sie ist dafür aber auch nicht wirklich ausgerüstet, denn sie hat keine Sicherheitsexperten, die sich mit Dual-Use-Fragen beschäftigen.

In den USA ist die Rechtslage eine andere und sehr kompliziert, je nachdem, welches Produkt Sie mit Gene-Drives herstellen. Aber auch in den USA gibt es keine einheitliche Einordnung von Sicherheitsstufen bei Laboren, keine generellen Anforderungen an die Laborsicherheit für Gene-Drives und keine Pflicht zur Vorregistrierung von Gene-Drive-Versuchen.

Allerdings wird in den USA, wie der Bericht der NAS, *Gene Drives on the Horizon*, gezeigt hat, deutlich auf die Dual-Use- und Missbrauchsgefahren hingewiesen. Das führt aber nicht dazu, dass Feldversuche ausgeschlossen werden sollen, sondern im Gegenteil: Der Ausblick auf *low and middle income countries* und ihr Einsatz von Gene-Drives werden dort politisch und wissenschaftlich in den Blick genommen.

Wie soll das Recht in Zukunft aussehen? Damit komme ich zum letzten Teil des Vortrags. Im Kern geht es darum: Welche Risiken, auch Missbrauchsrisiken wollen wir als Bürger eines Staates, als Staat, aber auch als Teil der Weltgesellschaft für welche Vorteile und welche Werte in Kauf nehmen? Und in welchen Verfahren soll und darf wer darüber entscheiden? Soll verhindert werden, dass riskante Forschung irrtümlich oder durch Missbrauch zur Gefahrenquelle wird, müssen sachangemessene effiziente präventive Verfahren verankert werden (repressive Haftungsfragen sind da sekundär), und zwar, bevor die Forschung durchgeführt wird, aber auch so, dass die Forschungsfreiheit nicht unverhältnismäßig eingeschränkt wird.

Es bleibt aber die Frage, welche Maßnahmen auch bei Fällen unbekannter oder geringer Wahrscheinlichkeit von großen Risiken wirklich effektiv und verhältnismäßig sind, da die Forschungsfreiheit Teil der Menschenrechte ist, aber auch das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit. Für diese Güter besteht eine Schutzpflicht der Staaten, auch menschenrechtlich. Das heißt: Ja, wir können uns über Werte unterhalten, aber wir haben uns bereits auf Werte geeinigt, wie nämlich auf die Menschenrechte und dort auf Forschungsfreiheit, Lebensschutz und Gesundheitsschutz.

Folgende Ausblicke würde ich vorschlagen für ein Governance-Regime, für eine Soft-Law-Deklaration: Ist Gene-Drive-Forschung oder -Technik mit hohen Risiken insbesondere für das Leben von Menschen verbunden, scheint es keine unverhältnismäßige Einschränkung von Wissenschaft und technologischem Fortschritt zu sein, zu verankern, dass für diejenigen, die risikoreiche Forschung fördern, die Notwendigkeit besteht zu belegen, dass die Beforschung mehr Vorteile bringt als Nachteile.

Als Ausfluss globaler Gerechtigkeit scheint es zudem gerechtfertigt zu sein zu fordern: Wenn Gene-Drive Risiken für die Menschheit birgt, ist es erforderlich, dass die Vorteile auch mit der Menschheit geteilt werden. Das betrifft im Übrigen wichtige Fragen des Patentrechts, die ich hier nicht ansprechen kann.

Sind jedoch Risiken und Chancen bisher unklar, ist eine rationale Antwort, dass diese zunächst weiter erforscht werden müssen. Hier scheint Risiko-Evaluierung, Transparenz und Austausch ein entscheidender Weg zu sein. Gene-Drive-Forschung sollte öffentlich sein.

Zudem sollte – und da stimme ich Forschern in den USA zu – eine Pflicht für eine Vorregistrierung für alle Experimente, die Gene-Drive-Forschung betreffen, verankert werden. Das vertritt unter anderem Kevin Esvelt. Ein globaler Konsens zur Risikobewertung, auch zu Fragen der Laborsicherheit sollte angestrebt werden. Zudem sollte die Lösung nach alternativen Lösungen, also milderem Mitteln und Fragen der Rückholbarkeit weiter evaluiert werden.

Diese Vorgaben können auch national verankert werden. Wünschenswert wäre zumindest ein EU-Gremium oder im besten Fall ein internationales Gremium, das die wenigen Fälle wirklich riskanter Forschung, die geplant wird, auch beur-

teilen kann und es nicht den Forschern überlassen werden muss.

Ein wichtiger Schritt für einheitliche Prinzipien könnte und sollte auf internationaler Ebene eine globale Deklaration sein, beispielsweise der WHO.

Es geht also nicht darum – und das ist mir wichtig –, im typischen und etwas zu einfachen Schwarz-Weiß-Denken bottom-up und Selbstregulierung einerseits der staatlichen, völkerrechtlichen Regulierung top-down entgegenzusetzen. Es geht darum, gemeinsam die Zukunftsfragen zu bewältigen und zu entscheiden. Dafür müssen Staaten, Wissenschaftler, aber auch NGOs zusammenarbeiten und sich zusammenfinden. Meines Erachtens – da bin ich Optimistin – ist dies möglich und sollte gerade in der Welt der zunehmenden Unordnung unser Ziel sein.

Carl Friedrich Gethmann

Vielen Dank. Gibt es Verständnisfragen? – Dann darf ich vielleicht selbst eine Frage stellen. Sie haben jetzt Security-Fragen in den Vordergrund gestellt; das haben wir bisher in den Wortmeldungen und Beiträgen nicht gehabt. Stellen Sie sich in der Tat vor, ein Terrorist würde eine Gene-Drive-Bombe bauen und damit den Staat erpressen?

Silja Vöneky

Es geht nicht darum, was ich mir vorstelle. Es geht darum, was sich manche Naturwissenschaftler vorstellen und was sich zum Beispiel auch das US-Verteidigungsministerium vorstellt. Ich möchte die Dual-Use-Fragen nicht überbetonen, aber ich glaube, wir können sie nicht beiseitelassen. Wenn das Verteidigungsministerium 65 Millionen ausgibt, um biologische Verfahren der Rückholbarkeit zu erforschen, dann zeigt das zumindest, dass es einen Bedarf gibt, darüber

nachzudenken. Es ist wichtig, dass wir das in den Debatten nicht vergessen.

Wir sind mit Cartagena und dem Gentechnikgesetz auf der Biosafety-Seite normativ gut ausgerüstet. Die Frage ist immer, wie das umgesetzt wird. Ob die Einstufung der ZKBS im BSL 2 [Biosafety Level] wirklich überzeugend ist, darüber kann man reden. Aber die ZKBS hat auch gesagt, es gibt eine Einzelfallabwägung.

Wir können uns in der Welt, wie sie heute ist, nicht davor verschließen, dass Forschung missbraucht werden kann, und je riskanter Forschung ist, desto gefährlicher ist der Missbrauch. Das bitte ich bei der normativen Genese mitzubedenken.

Nicole Podlinski

Nicole Podlinski, ich habe eine Frage zum Cartagena-Protokoll. Wie ist denn die Umsetzbarkeit dieser Forderungen? Denn wir haben ja im Menschenrechtsbereich häufig keine Streitschlichtungsmechanismen, wie wir sie zum Beispiel bei der WTO haben, wo also die Gesetze oder die Vorschriften umgesetzt werden. Beim Cartagena-Protokoll ist es, soweit ich weiß, auch nicht so, dass man das ohne weiteres umsetzen kann. Zumindest bei Cartagena und Nagoya war es so, dass das mit den ABS-Vor... nie richtig geklappt hat. Diese ganzen Haftungsfragen, die damit zusammenhängen – das würde mich interessieren.

Silja Vöneky

Haftung und Cartagena ist ein Unterschied. Kuala Lumpur, das Liability-Protokoll ist noch nicht in Kraft getreten. Das Cartagena-Protokoll hat das Manko jedes völkerrechtlichen Vertrags: Sie vereinbaren völkerrechtlich zwischenstaatlich, was getan werden muss, gewisse Risiko-Evaluierung. Sie verankern auch die Souveränität der Staaten, beim Import zu entscheiden und aus be-

rechtigten Gründen auch vom Vorsorgegrundsatz bestimmten Import von LMOs zurückzuweisen. Aber wie konkret das durch nationale Gesetze umgesetzt wird, darauf hat das Völkerrecht nur begrenzten Einfluss.

In der EU, in Deutschland ist Cartagena sehr gut umgesetzt worden mit den Normen, die wir haben. Ich habe vorher Ruanda zitiert, afrikanische Staaten. Ich kann Ihnen nicht genau sagen, wie es dort umgesetzt wird. Aber natürlich gibt es völkerrechtliche Mechanismen, die Vertragsstaatenkonferenzen, Berichtspflichten, die zumindest versuchen sicherzustellen, dass das Cartagena-Protokoll umgesetzt wird.

Im Übrigen glaube ich, dass es hier auch – wir sprachen vorhin von Incentivierung – eine Incentivierung der Staaten gibt, Cartagena umzusetzen, da es die eigene Souveränität stärkt. Durch Cartagena kann ich ja bestimmte LMOs zurückweisen, auch wenn noch keine wissenschaftliche Gewissheit über die Gefährlichkeit besteht; Vorsorge-Grundsatz. Das kommt vielen Staaten vielleicht gerade recht. Deswegen bin ich nicht ganz so pessimistisch mit der Umsetzbarkeit von Cartagena.

Ralf Neumann

Mein Name ist Ralf Neumann. Ich habe eine allgemeine Frage zur rechtlichen Geschichte. Wir sprechen darüber, dass wir so viele Bevölkerungsschichten wie möglich erreichen wollen, so viele Menschen wie möglich informieren wollen, was ich auch bei dem Thema für sehr wichtig halte. Wir haben auch schon das Thema Genmais gehabt, was eine ganz andere Geschichte ist.

Was halten Sie von der Idee, dass man es, wenn allgemeingültig anwendbar ist, in die Räte mit einbringt, sprich Landtage, Gemeinderäte, Kreistage, als Tagesordnungspunkt, damit, wenn es

bestimmte Gebiete betrifft, breite Bevölkerungsschichten erreicht werden?

Silja Vöneky

Meinen Sie jetzt die allgemeinen Informationen oder ...

Ralf Neumann

Ja, wenn es so weit ist, dass es anwendbar ist, dass es dann in die Räte kommt und viele Menschen erreicht, als Input.

Silja Vöneky

Im Moment sehen wir bei Gene-Drives noch keine Feldversuche, und andernfalls würde das Gentechnikgesetz gelten. Aber ich kann Sie verstehen, wenn Sie argumentieren, dass wir unabhängig von den rechtlichen Grundlagen das Votum der Bevölkerung brauchen, die davon betroffen sein sollte.

So hat übrigens auch Herr Esvelt bei Martha's Vineyard argumentiert, auch wenn es sich da nicht um Gene-Drives handelt, dass die Bevölkerung auf diesen Inseln natürlich mitgenommen werden muss. Für die Akzeptanz von modernen Techniken ist es immer gut, transparent zu sein.

Frau Manajan

Manajan [?] ist mein Name, BML. Ihr Vortrag war super und auch die Ausführungen zum Cartagena-Protokoll. Was mich ein bisschen irritiert hat, war die Aussage, dass die Non- und Off-Targets nicht erfasst wären. Meinem Verständnis nach machen wir eine sehr gute Risikobewertung, sowohl in der EU als auch in der Umsetzung der Guidelines von Cartagena. Es wird immer der Organismus als solcher betrachtet in Zusammenhang mit der Umwelt, und dieser Organismus trägt alle Off-Targets und Non-Targets in sich. Da ist eine umfassende Bewertung gewährleistet.

Silja Vöneky

Was die Biosafety betrifft, da würde ich Ihnen zustimmen; vielleicht habe ich das nicht klar genug gemacht. Es bezieht sich zum Teil auf Sicherheitsfragen, die über die Biosafety hinausgehen. Sie haben recht: Bei Off-Target, Non-Target, Cartagena sind wir auf der sicheren Seite. Das Problem sind eher die USA, die leider nicht Vertragspartei sind. Im Übrigen sagen manche US-Forscher, dass dies ein Problem sei und dass das ein vernünftiges Vertragswerk ist.

Diskussion

Moderation: Carl Friedrich Gethmann • Mitglied des Deutschen Ethikrates

Wir kommen jetzt zu einer zusammenfassenden Diskussion dieser drei Beiträge. Ich darf zunächst den Referenten Gelegenheit geben, auf die beiden anderen kurz einzugehen. Sie haben sicher bemerkt, obwohl es sich um drei Normdisziplinen in einem gewissen Sinn des Wortes handelt, wie unterschiedlich die disziplinären Zugänge und die Performanz und die Art der Darbietung sind. Jetzt müssen wir versuchen, das ein wenig aufeinander zuzubewegen.

Frau Eser, wir gehen der Reihe nach. Wenn Sie mögen, fangen Sie an. Der Ökonom hat sich in dem Bereich bewegt, den Sie in Ihrem Paper als prudentiell bezeichnet haben. Wie es sich da mit der Jurisprudenz verhält, ist mir nicht ganz klar geworden, aber das sollen wir ja jetzt klären.

Uta Eser

Das ist natürlich kein durchdachtes, ausgearbeitetes Statement. Ich habe eine Bemerkung und eine Frage, die mit der unterschiedlichen Denkweise unserer Disziplin zusammenhängt. Was die Schädlinge angeht, die invasiven Arten: Für

mich ist eine Art wie der Maiswurzelbohrer ein ökonomischer Schädling und kein ökologischer. Da ist eher der Monobestand Mais der ökologische Schaden und der Maiswurzelbohrer vielleicht sogar ein Nützling [lacht]. Aber das nur am Rande.

Nicht richtig verstanden habe ich die Überlegungen über die Anreizeffekte. Mir scheint, in der Diskussion wird immer eine hohe intrinsische Motivation in den Mittelpunkt gestellt. Es geht um ein hehres Ziel: Wir wollen Menschenleben retten. Das braucht im Grunde keine extrinsische Motivation mehr, sondern ist an sich verfolgenswert.

Aber selbst wenn ich sage, das Ziel ist verfolgenswert, stellt sich für mich die Frage: Rechtfertigt ein noch so hehres Ziel jedes Mittel? Das wird bei Ihnen implizit unterstellt: Ich brauche nur nachzuweisen, dass das ein gutes Ziel ist, und wenn das Mittel geeignet ist, das Ziel zu erreichen, dann müssen wir das auch verwenden.

Das habe ich in Frage gestellt. Ich habe gesagt, es kann sein, dass ein Mittel geeignet ist, und trotzdem könnte es denkbar sein, dass wir es nicht verwenden dürfen. Da wollte ich noch mal nachfragen.

Jetzt haben Sie von Anreizen gesprochen und sagten: Wenn wir das vermarkten wollen, brauchen wir Eigentumsrechte, damit da auch Leute investieren. Das liegt für mich ein bisschen schräg zu der philanthropischen Motivation, wir wollen Menschenleben retten.

Justus Wesseler

Zum Maiswurzelbohrer: Es gibt wahrscheinlich unterschiedliche Ansichten darüber, wie der Maisanbau an sich in Deutschland zu bewerten ist, aber an sich ist der Maiswurzelbohrer ein invasiver Schädling, und es ist ein Beispiel unter

anderen, wo eventuell solch eine Technologie weniger Ökosystem-Schäden hervorrufen würde, als wenn wir versuchen, den Schädling über andere Kontrollmaßnahmen in den Griff zu bekommen. Wir hätten eventuell auch nicht die Ökosystem-Folgeschäden, da es sich um eine invasive Art handelt.

Natürlich haben Sie recht, wenn man sich den Maisanbau an sich anschaut. Man kann darüber diskutieren, ob der überhaupt wünschenswert ist. Aber ich weiß nicht, ob es eine vernünftige Strategie ist, einen Schädling einzuführen, um den Maisanbau in Deutschland zu reduzieren. [Lachen]

Worum es mir bei der Frage zu den Anreizeffekten geht: Unabhängig davon, wer die Forschung durchführt, stellen wir uns aus ökonomischer Sicht immer die Frage: Rechtfertigen die zusätzlichen Kosten die zusätzlichen Nutzen? Wenn wir uns die Beispiele anschauen, die in der Literatur angeführt werden, zum Beispiel Kontrolle von Malaria, Zika, Dengue-Fieber – da braucht man nicht groß rechnen, wenn man sieht, welche Möglichkeiten der Kontrolle über Gene-Drive zu erzielen sind bezüglich der Entwicklungskosten dieser Technologie.

Was ich damit sagen will: Um zum Beispiel eine resistente Anophelesmücke oder über Gene-Drive ein System einzuführen, das dazu führt, dass entweder das Plasmodium nicht mehr übertragen wird oder die Anophelesmücke aus der Umwelt verschwindet – die Kosten zur Entwicklung dieser Technologie scheinen im Verhältnis zu den Nutzen, die es bringen würde, relativ gering zu sein.

Die weitere Frage ist dann aber: Welches sind die Effekte auf das Ökosystem? Da ist das Argument, wie mir Biologen erzählt haben – ich bin kein biologischer Experte, wenn es um Moskitos

geht, aber beim Vorredner wurde heute Morgen angeführt, es handelt sich um drei Moskito-Subarten unter 863 Moskitos, dass aufgrund dessen von Ökologen die Schlussfolgerung gezogen wird, dass es nicht zu großen Folgen für das Ökosystem führt, wenn diese drei Moskitoarten aus der Umwelt entfernt werden. Das beantwortet nicht die ethische Frage, ob man das grundsätzlich machen soll; diese liegt auf einer anderen Ebene. Da stimme ich voll und ganz mit Ihnen überein.

Es ist auch nicht so, dass die Technologie einfach weil wir sie haben, eingesetzt werden soll. Da haben Sie mich missverstanden. Ich bin schon ein Befürworter, dass man die Kosten und Nutzen in diesem Zusammenhang ins Verhältnis setzen muss – was sind die Nutzen, was sind die Kosten? – und dass wir darüber zu diskutieren haben, was die Risiken sind.

Wir haben als Ökonomen ein Instrumentarium zur Verfügung, mit dem wir das in gewissem Umfang ökonomisch bewerten können. Das heißt, wir können ein Dollar- oder Eurozeichen dahinter machen. Es wird nie die gesamten Kosten und Nutzen abbilden können. Ökonomische Modelle sind eine Vereinfachung der Realität.

Carl Friedrich Gethmann

Danke schön. Hatten Sie selbst eine Frage an die anderen beiden Referenten?

Justus Wessler

Nur eine kurze Klarstellung. Zu Daisy Drives und Gene-Drives hatten wir letzte Woche in Holland auch eine Debatte. Jedenfalls war da die einhellige Meinung: Gene-Drives sind der Oberbegriff und innerhalb dieses Gene-Drives – so haben das die Biologen erklärt – gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, und Daisy Drive ist eine davon. Ich bin kein Biologe, aber ich versu-

che das mal zusammenzufassen. Ich hoffe, die Biologen stimmen dem zu.

Mit den Daisy Drives versucht man das regional einzugrenzen, diese phänotypische Entwicklung oder den Aspekt, den man sich wünscht. Dazu setzt man Daisy Drives ein. Die haben den Vorteil gegenüber den allgemeinen Gene-Drives, dass man damit eine regionale Eingrenzung erzielen kann. Das Argument für Martha's Vineyard war: Was ist, wenn sich jetzt einer eine Maus von Martha's Vineyard nimmt und mit nach Hause bringt aufs Festland, weil er auch vermeiden möchte, dass sich in seinem Garten Zecken breitmachen? Deshalb ist man dabei, diese Technologie zu entwickeln. Sie ist beileibe noch nicht fertiggestellt, um solchen Argumenten vorzukommen.

Silja Vöneky

Ich habe keine Frage, aber wollte gern auf meine Vorredner eingehen. Ich glaube, für private Akteure ist es vollkommen rational zu sagen: Wir machen eine Nutzen-Kosten-Abwägung. Für die privaten Akteure ist es vielleicht auch rational zu sagen, das, was manche Unternehmen in den USA sagen: Wie viel kostet es mich, das Gesetz zu brechen? Das ist möglicherweise der Nachteil eines haftungsbasierten Ansatzes. Wie viel droht mir an Schadenersatzzahlungen und ist es mir das wert, das dennoch voranzutreiben?

Aber für eine größere und breitere Debatte können wir uns nicht allein auf eine Nutzen-Kosten-Abwägung verlassen, schon gar nicht bei den neuen Technologien. Der Staat ist gehalten, Menschenrechte zu achten; da sind wir vielleicht auf einer Ebene. Wir haben – zumindest rechtlich geprägt – ein Wertesystem, auf das wir uns beziehen können und, wenn wir staatliche Behörden sind, auch beziehen müssen. Innerhalb dieses Wertesystems (Schutz von Forschungs-

freiheit, Leben und Gesundheit) können wir für die Verhältnismäßigkeit Nutzen und Kosten mit einbeziehen, aber nur innerhalb dieses Wertesystems, und innerhalb dieses Wertesystems können wir auch nicht jeden Nutzen gegen bestimmte Kosten aufrechnen, zumindest wenn dann die Menschenwürde betroffen sein sollte. Ich weiß, viele mögen nicht, dass überhaupt davon gesprochen wird, aber die Verdinglichung zu bestimmten Zwecken ist sicher eine Grenze, die der Staat dann beachten müsste.

Carl Friedrich Gethmann

Ich glaube, diesbezüglich ist kein Dissens im Raume. Es gibt transutilitäre Zwecke, die zu beachten sind. Wie die sich dann umsetzen in die eigenen Rationalitäten, ist nicht trivial, aber das können wir hier nicht bis ins Letzte klären.

Ich habe jetzt mehrere Wortmeldungen aus dem Auditorium.

Claudia Wiesemann

Claudia Wiesemann, Universität Göttingen und Deutscher Ethikrat. Frau Eser, herzlichen Dank für diesen klaren und in die Tiefe gehenden ethischen Vortrag. Ich würde Sie trotzdem bitten, an einem Detail etwas nachzuarbeiten, und zwar: Was ist Ihr Naturbegriff?

Sie haben – das war auch Ihre Aufgabe – über die Mücke gesprochen und ob sie ausgerottet werden soll. Aber die Frage ist doch eigentlich, ob das Plasmodium falciparum von der Welt verschwinden soll.

Wir haben vor einigen Jahren gefeiert, dass wir die Pocken auf der Welt ausgerottet haben. Jetzt haben wir in diesem Kontext die Frage: Ist das Plasmodium im Vergleich zu den Pocken auch eine im Rahmen der Diversität schützenswerte Entität? Man kann auch über andere Viren oder Ähnliches sprechen, die man im Rahmen der Di-

versität schützen könnte. Wie passt das in dieses Bild der Natur als an sich schützenswerte Entität?

Uta Eser

Ich gebe zu, dass meine argumentative Strategie immer darin besteht, die Überschneidungsmenge zwischen der anthropozentrischen und der nicht-anthropozentrischen Sicht möglichst groß zu machen und diese *tough decisions*, wo wir wirklich entscheiden müssen: Mensch oder Natur?, auf einen möglichst schmalen Bereich zu begrenzen.

Ich glaube, dass sich die Kritik an solchen Technologien verrennt, wenn sie das zu früh auf diese Alternative zuspitzt. Wenn sie nämlich die prudentiellen Aspekte, die noch strittig sind, mit in den Blick nimmt, braucht sie sich nicht an dem Punkt zu entscheiden, der wirklich nicht trivial ist, sondern kann sich ein bisschen drum herummogeln.

Ich weiß nicht, wie zurzeit der Stand mit den Pocken ist. Ich habe in vielen Umweltethik-Seminaren mit den Studierenden heftige Diskussionen darüber verbracht: Können, sollen, dürfen, müssen wir vielleicht sogar den Pockenvirus vollends ausrotten? Denn daraus kann man ja auch Waffen machen.

Das ist eine unabgeschlossene Debatte. Da liegen unsere rationalen Einsichten und unsere moralischen Intuitionen auch oft überquer. Gerade weil das so ist, nicht nur zwischen verschiedenen Leuten, sondern auch in sich hat man ja so einen Hiatus zwischen dem, was der Bauch sagt, und dem, was der Kopf sagt. Um das möglichst selten in Anschlag bringen zu müssen, finde ich diesen Argumentationsweg – welches Problem wollen wir eigentlich lösen? Ist das überhaupt eine vernünftige Lösung für dieses Problem? Da gibt es viele Antworten, die wir geben können,

selbst wenn wir diese letzte nicht so gern geben wollen.

Carl Friedrich Gethmann

Wir sehen bei diesen Fragen, dass das Alltagsverständnis von Lebewesen keineswegs so klar ist. Für Biologen ist es vielleicht klar. Aber wenn wir über Naturschutz reden, haben die Bürger vielleicht intuitiv Probleme, wenn wir über Viren sprechen. Bei Mücken ist vielleicht klar, dass das Lebewesen sind und dass die eventuell zu einem harmonischen Naturverständnis gehören. Das scheint mir naturphilosophisch nicht ganz abgeklärt zu sein, aber das können wir nicht bis ins Letzte klären.

Uta Eser

Das fände ich persönlich ein spannendes Forschungsthema, auch die Frage, wie sich das verhält mit dem Gene-Drive zur Rettung heimischer Arten vor invasiven und tatsächlich nicht ökonomischen, sondern ökologischen Schädlingen.

Ich fürchte, da käme der Naturschutz in einen ähnlichen Binnenkonflikt wie in der Frage Energiewende versus Artenschutz, weil man versucht, einen ungewollten tiefen Eingriff in die Ökosysteme durch einen beabsichtigten ebenso tiefen wiedergutzumachen.

Ich fühle mich da ein bisschen erinnert an das, was Eugene Odum in den Siebzigerjahren technokratischer Optimismus genannt hat: so als wäre die Welt ein Bastelkasten und wir beschließen jetzt, dass wir das Dodo wieder einführen und die Mäuse wieder ausrotten. Diese Allmachtsfantasien haben sich im Management von Nationalparks noch nie bewährt. Das geht nie so aus, wie man sich das vorher überlegt. Insofern wäre ich da sehr skeptisch und gespannt auf die Diskussion im Naturschutz, ob man bereit ist, zur Bekämpfung dieser gebietsfremden Arten so ein

Tool einzusetzen. Mein Eindruck der Naturschutz-Szene ist eher, dass man dieses Instrument nicht nutzen möchte, selbst wenn es geeignet wäre.

Steffen Augsburg

Steffen Augsburg, Justus-Liebig-Universität und Deutscher Ethikrat. Ich bin Jurist und habe zwei Fragen an Frau Vöneky.

Als Erstes eine reine Wissensnachfrage. Wenn ich das richtig verstanden habe, sind die bestehenden Regularien aus Ihrer Sicht relativ rigide in ihrer beschränkenden Wirkung, allerdings nicht so sehr, was die Forschung, sondern die spätere mögliche Freisetzung angeht, nicht? Das Cartagena-Protokoll beschränkt also die Freisetzung, nicht so sehr die Forschung?

Das führt mich zu dem zweiten Punkt. Wir erleben hier die drei Normwissenschaften, wie Herr Gethmann das genannt hat, die alle auf eine Abwägung hinauslaufen, und sagen, dass diese Abwägung aber noch zu erfolgen hat. Sie wird systematisch vorstrukturiert und vorbereitet; es werden Kriterien genannt, wie man das machen könnte, aber – wenig erstaunlich – es kommt zu keinem Ergebnis. Das ist kein Vorwurf an Sie, sondern ich würde sagen, das ist der Komplexität des Problems geschuldet.

Wir sehen aber auch, und zwar gerade in dem juristischen Vortrag, dass es schon relativ klare und rigide Regelungen gibt. Frau Vöneky, mein Eindruck war, dass da ein kleiner Widerspruch in Ihrem Vortrag ist, wenn Sie einerseits völlig zu Recht die Werte hervorheben, auf die wir uns auch als Völkerrechtsgemeinschaft geeinigt haben (Forschungsfreiheit, Recht auf Gesundheit, Recht auf Leben), andererseits aber das Cartagena-Protokoll und die dahinterstehenden Regelungen, die eine relativ starke Beschränkung darstellen, dann doch nicht einschränken wollen.

Vor dem Hintergrund dessen, was Frau Eser gesagt hat, müssten wir uns die Möglichkeit doch zumindest offenhalten. Wir sind vielleicht noch nicht so weit, dass wir das strikt fordern wollen, aber ich glaube, wir müssen vor dem Hintergrund der offenen ethischen Überlegung doch sagen: Unter Umständen muss auch diese relativ restriktive Regulierung zurückgefahren werden und nicht nur durch weitere Soft-Law- oder andere Governance-Instrumente ergänzt werden.

Silja Vöneky

Dass es restriktiv ist, haben *Sie* gesagt. Ich habe gesagt, dass es sinnvoll ist. Sinnvoll heißt angemessen, und angemessen heißt: Es braucht im Moment nicht geändert zu werden. Ich sehe nicht, dass gerade mit Blick auf Gene-Drives eine Änderung erfolgen sollte, weil Gene-Drives eher mehr Risiken haben als die herkömmliche Gentechnologie, zumindest wenn ich die Forscher in den USA richtig verstehe.

Das heißt, gerade für Gene-Drives Cartagena angreifen zu wollen – das habe ich mit meinem Vortrag sicher nicht gesagt, und deswegen war es auch kein Widerspruch in meinem Vortrag, sondern sehr kohärent, zu fordern, dass wir die Lücken, die noch bestehen, schließen sollten.

Die Lücken bestehen auf universaler Ebene mit Blick auf Risikoassessment und Risikoreduzierung im Bereich des Völkergewohnheitsrechts. Um diese Lücken zu schließen, wäre es schön, eine Soft-Law-Deklaration zu haben, die über das hinausgeht, was wir im Rahmen der WHO schon erarbeitet haben, was aber nicht echtes Soft-Law ist, wie beispielsweise die Rio-Deklaration. Hier müssen und sollten sich die Staaten, die Forscher und die NGOs an einen Tisch setzen. Das kann in 15 Monaten – bei der Bioethik-Deklaration der UNESCO war es in 15 Monaten

geschehen, dann hatten wir zumindest die Grundprinzipien universal festgehalten.

Cartagena ist also sinnvoll, Cartagena ist nicht zu rigide. Bei Laboren gilt wie gesagt noch nicht einmal dieses Verfahren, was ich für die Importe dargelegt habe, sondern es reicht aus, dass die Gesetze des Staates, in dem geforscht wird, eingehalten werden. Das ist auf keinen Fall zu rigide.

Auch das Gentechnikgesetz ist hier nicht zu rigide. BSL 2 für Gene-Drives als Grundsatz – das ist ja das Ergebnis der ZKBS – finde ich in keinem Fall rigide. Das ist kein Genehmigungsverfahren, was hier gefordert wird. Es wird aber eine Fall-zu-Fall-Prüfung erforderlich. Nein, es ist nicht zu rigide, sondern es gibt Lücken, insbesondere im Bereich Dual Use.

Peter Dabrock

Frau Eser, ich habe eine Frage an Sie. Ich schließe mich erst einmal Claudia Wiesemanns Bemerkung an und bin auch dankbar für die Ausdifferenzierung, für den Entscheidungsbaum, den Sie dargelegt haben. Meine Frage geht auf ethischer Seite in die Richtung dessen, was Steffen Augsburg gerade Silja Vöneky gefragt hat.

Sie haben – was vielleicht manche erstaunen wird – gesagt, das soll weder unter Gebot noch Verbot eingeordnet werden, sondern in die strebensethische Kategorie (also unter erlaubt, und dann erstrebenswert oder nicht erstrebenswert). Nun wissen wir aus der Ethik, dass die Martha Nussbaum'sche Position nicht die einzige Position einer Strebensethik ist, sondern dass das schon eine relativ starke strebensethische Position ist, die davon ausgeht, dass es starke vage Elemente des Guten gibt, die alle teilen. Das ist nicht die einzige Position, auch wenn sie großen Einfluss auf der UN-Ebene hat.

Das wäre meine Rückfrage. Ich mache es an Nussbaum fest. Wenn Sie in der Liste einerseits Gesundheit haben und andererseits das Recht darauf, in einer integren Umwelt zu leben, dann haben wir erkennbar, wie uns die naturwissenschaftlichen Vorträge gezeigt haben, eine Spannung zwischen diesen beiden Elementen, selbst auf der Ebene der starken vagen Theorie des Guten.

Sie haben gerade gesagt, dass man sich dann irgendwie versucht durchzumogeln und dass das lange auch gut geht. Aber jetzt müssen wir als Ethiker und Ethikerin doch ein bisschen Farbe bekennen und sagen: Wenn diese beiden Güter in einer starken Spannung zueinander stehen, wofür entscheiden wir uns? Für die Menschenwürde, an den [...]ebenschutz mit etwas geringerer Lebensqualität, weniger Biodiversität, oder umgekehrt?

Uta Eser

In dem Punkt fällt mir die Entscheidung leicht. Wenn man dieses Holmes-Rolston-Papier gelesen hat, kann man eigentlich nicht mehr einen nicht-anthropozentrischen Standpunkt vertreten. Also im Zweifelsfall für die Menschenwürde. Das ist für mich keine Frage.

Ich fühle mich aber missverstanden bei der Einschätzung, dass ich gesagt habe: Im Prinzip ist es erlaubt, unter der Voraussetzung, dass Schritt 1 geklärt wäre und wir sicher wären, dass es a) ein geeignetes Mittel ist und b) ohne oder nur mit vertretbaren Risiken einsetzbar, und dann kommt erst die Frage. Da sind wir aber noch nicht.

Das ist mir wichtig, das noch einmal klarzumachen. Ich wollte die Entscheidung im Vorfeld noch offenlassen. Erst dann können wir fragen: Ist das Mittel als solches erlaubt? Spricht prinzipiell etwas dagegen, eine Art zu beseitigen? Da geht es mir tatsächlich so: Da muss man dann

Farbe bekennen, wenn es um die Menschenwürde geht – und dann kommt man darauf. Es spricht also nicht grundsätzlich etwas dagegen.

Dann bin ich aber vorsichtig und sage: Na gut, man muss ja nicht gleich behaupten, es sei geboten, aber dann könnten wir mal sagen, es ist erlaubt, und dann kommen vielleicht noch die glücksethischen Argumente mit rein.

Nussbaum ist hier nur exemplarisch. Ich hatte es ja gesagt: Ansatzpunkte, an was könnte man sich richten? Ich versuche, die starken biozentrischen Intuitionen, die es im Diskurs gibt, so einzufangen, dass sie nicht auf eine normative Biozentrik hinauslaufen, sondern sie im strebensethischen Bereich einzuholen, und ich glaube, da gibt es eben dieses Gefühl.

Niemand sagt, wir können leben, ohne in die Natur einzugreifen. Das wissen wir alle. Jeder Garten, jedes Feld ist ein Eingriff in die Natur, und es geht um die Qualität. Es geht nicht um Entweder-oder, sondern um die Art und Weise, wie wir mit Natur interagieren. Da haben viele Menschen ein ungutes Gefühl bei Holzhammermethoden wie: Hammer drauf und dann ist die Art weg. Das kommt einem nicht richtig vor.

Methoden, die mehr so etwas wie, auch wenn das ein schwammiger Begriff ist – Harmonie mit der Natur klingt vielleicht ein bisschen nach Heiteitei, aber eine gelingende Naturbeziehung. In einer gelingenden Beziehung kann es nicht darum gehen: Wer ist wichtiger, der eine oder andere? Wenn ich in einer Beziehung die Frage stelle: Geht es hier eigentlich um mich oder um dich?, dann ist die Beziehung meistens schon ziemlich schlecht. Eine Beziehung kann immer nur so gut sein, wie es beiden Partnern gut geht. Das versuche ich mit reinzunehmen und zu sagen: Wir können als Menschen nicht ein gutes Leben führen, wenn die Natur, mit der wir inter-

agieren und mit der wir in Beziehung leben, dabei auf der Strecke bleibt. Das heißt, diesen inklusiven Ansatz starkzumachen.

Silja Vöneky

Was meinen Sie jetzt mit Menschenwürde? Weil Sie die Menschenwürde in Anschlag gebracht haben, für die Forschung oder vielleicht für den Einsatz von Gene-Drives. Ist Menschenwürde nicht nur dann gewahrt, wenn auch die Betroffenen einwilligen können, jedenfalls wenn es sich um medizinische Anwendungen handelt?

Uta Eser

Ja, natürlich. Ich würde die Menschenwürde nicht begrenzen wollen auf die existenziellen Rechte wie Essen und Trinken, sondern ich würde das als Teil dieses Menschenwürde-Konzepts sehen (ich weiß nicht, ob man das halten kann, aber versuchsweise), wie es in der Rio-Deklaration steht: Die Menschen haben das Recht auf ein gesundes und produktives Leben im Einklang mit der Natur. Das formuliert im Grunde drei Rechte: das Recht auf ein gesundes Leben, das Recht auf ein produktives Leben und das Recht auf ein Leben im Einklang mit der Natur. Da muss man noch dran arbeiten, ob man das halten kann.

Diese drei Rechte konfliktieren natürlich permanent: bei jeder Autobahn, die ich baue, bei jeder Fabrik, die ich baue, bei jedem Eingriff in die Landwirtschaft. Aber dass man erst einmal anerkennt, dass die Weltgemeinschaft zumindest in den Raum gestellt hat, es könnte so etwas wie ein Recht von Menschen auf ein Leben im Einklang mit der Natur geben. Daraus müsste man noch viel mehr Honig saugen, aus dieser Formulierung.

Gösta Gantner

Gösta Gantner, Uni Heidelberg, ich arbeite am BMBF-Projekt zur Patentierung im biotechnologischen Bereich. Frau Vöneky, Sie haben es am Anfang angesprochen, Sie wollten in Ihrem Vortrag nicht über das Patentrecht sprechen. Am Ende sind Sie dann zwar nicht darauf eingegangen, aber haben gesagt: Gerade in Bezug auf die Vor- und Nachteile der Forschung müsste man eigentlich auch übers Patentrecht sprechen. Da bitte ich Sie, die eine oder andere Anmerkung zu machen, welche Probleme mit dem bestehenden Patentrecht in Bezug auf Gene-Drives aus Ihrer Sicht verbunden sind. Wo müssen wir aufpassen im Hinblick auf die – wie soll man sagen? – Durchsetzung der Forschungsfreiheit? Wie könnten da Patente vielleicht reinrätchen?

Ich gespannt darauf, weil Sie nur den Begriff erwähnt haben. Aber mir scheint, es ist ein Thema, mit dem man sich auch in Bezug auf Gene-Drives auseinandersetzen muss. Insofern freue ich mich über den ein oder anderen Hinweis.

Uta Eser

Ich bin keine Patentrechtsexpertin. Eine meiner Doktorandinnen forscht, glaube ich, bei Ihnen im Projekt. Die kann Ihnen da mehr Auskunft geben. [Lachen]

Aber vielleicht doch zwei Sätze dazu. Wenn wir davon sprechen, dass Krankheiten bekämpft werden können – und in dem NAS-Report war insbesondere von *low and middle income countries* die Rede –, wenn wir also mit unserer Technik sich entwickelnde Länder beglücken wollen, müssen wir aufpassen, dass wir sie nicht so patentieren, dass sie letztlich unerschwinglich sind.

Wir müssen auch auf andere ethische und völkerrechtliche Vorgaben achten. Aber das Patentrecht müsste dann so angewandt werden oder die

Patentinhaber – ich bin mir sicher, dass Gene-Drives patentierbar sind. Mein anderer Doktorand, der auch hier ist, meinte, Kevin Esvelt hätte schon Gene-Drives patentiert, mit CRISPR/Cas.

Wenn sie patentiert sind, wenn es um die Bekämpfung von Krankheiten geht und wenn wir davon überzeugt sind, dass hier die Nutzen höher sind als die Risiken, und wenn die betroffenen Länder zustimmen, dann sollten hier Ausnahmen vom strikten Patentschutz gemacht werden.

Carl Friedrich Gethmann

Meine Damen und Herren, ich beende diese Runde mit dem Dank an unsere drei Referentinnen und Referenten für ihre Darlegungen und mit dem Dank an Sie für Ihre Aufmerksamkeit, vor allem an die Diskussionsredner.

Ich wünsche uns jetzt eine erholsame Pause, denn dann werden die Probleme wirklich gelöst.

Podiumsdiskussion Wie sollte eine angemessene Governance-Strategie für Gene- Drives aussehen?

Moderation: Steffen Augsberg · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Meine sehr geehrten Damen und Herren, schön, dass Sie ausgehalten haben und auch am späteren Nachmittag noch bei uns sind. Herr Gethmann hat eben angekündigt, dass in diesem Abschnitt des Programms alle Probleme gelöst werden. Wir werden uns also Mühe geben, Ihnen darzulegen, wie eine angemessene Governance-Strategie für den Umgang mit Gene-Drives aussehen könnte oder sollte.

Zwei Bemerkungen dazu. Ich habe eben bei dem Vortrag von Herrn Wessler und dem Beispiel

von Neuseeland, den Mäusen und Ratten und den Maori, daran gedacht, wie unhintergebar eigentlich jegliche oder jedenfalls eine gewisse Form von Anthropozentrismus in diesen Debatten ist. Denn es ist völlig klar, dass wir immer vom Menschen her denken. Denn aus Sicht der Maori könnte eine invasive Art besonderer Gefährlichkeit auch klar benannt werden, und trotzdem kommt niemand auf die Idee zu sagen, jetzt wollen wir aber unsere Insel wieder ganz für uns haben. Da kommen wir nicht raus.

In Jacques Derridas Buch *Das Tier, das ich also bin* gibt es eine Sentenz, wo er darauf hinweist, dass wir die Asymmetrie im Mensch-Tier-, aber auch im Mensch-Natur-Verhältnis niemals ganz hinter uns lassen können, und zwar insbesondere nicht in der regulatorischen Perspektive, weil wir die immer als Menschen und damit auch primär mit menschlicher Perspektive für Menschen gestalten.

Das tun wir auch dann, wenn wir über Governance sprechen. Governance ist ein schillernder Begriff und heute schon mehrfach zur Sprache gekommen. Er wird in unterschiedlichen Varianten mit teilweise leicht unterschiedlichem Bedeutungsgehalt verwendet. Sie haben aber schon gehört (insbesondere Frau Vöneky hat darauf hingewiesen), dass es bei diesem Begriff nicht darum geht, dass man nur staatliche Regulierungen in den Blick nimmt. Der Vorsitzende hat vorhin vom Gestaltungsauftrag gesprochen; wir sprechen also von Regulierung und Gestaltung eines bestimmten Sozialbereichs oder eines bestimmten Problems, und das in einer Multi-Akteurs-Perspektive, die eine Vielzahl von potenziellen Verantwortlichen in den Blick nimmt. Das macht das Ganze kompliziert, aber es geht eben auch um komplizierte Sachverhalte.

In diesem Sinne freue ich mich, dass es uns gelungen ist, vier wunderbare Referentinnen und Referenten zu gewinnen, die jetzt mit einem kurzen Statement zur Frage der Governance gegenüber Gene-Drives beginnen werden. Dann würden wir uns in der Runde mit Blick auf diese Statements verständigen und dann möglichst rasch die Fragen ins Auditorium öffnen und hoffen, dass Sie sich auch zu der späten Stunde noch engagiert und intensiv beteiligen und uns helfen, dass wir zumindest tentativ zu einer Lösung für die angesprochenen Probleme kommen.

Frau Katja Becker, wenn Sie anfangen würden.

Katja Becker • Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn

Ja, herzlichen Dank. Ich bin Malaria-Forscherin und Vizepräsidentin der Deutschen Forschungsgemeinschaft [DFG] und wurde wohl in dieser Kombination hier auf dieses Podium gerufen.

Wir haben im Laufe des Tages gehört: Gene-Drive-Systeme bergen ein großes Potenzial in Bezug auf die Bekämpfung von Seuchen; wir haben von Malaria gesprochen, von Dengue, Zika, Chikungunya. Im Bereich der Landwirtschaft haben wir von Ertragssteigerung, von Unkraut- und Schädlingsbekämpfung gesprochen. Potenziale bei der Kontrolle invasiver Arten oder sogar der Rettung von vom Aussterben bedrohter Arten – das ist die eine Seite. Die Anwendung von GVOs ist in Europa durch die Freisetzungsrichtlinie geregelt, das heißt: Freigesetzt werden darf nur, was keine Gefahr für Mensch oder Umwelt darstellt.

Ebenfalls bereits angeklungen ist, dass wir in Deutschland im Bereich der Forschung unter S2-Bedingungen arbeiten, die ich persönlich auch für gerechtfertigt halte. Diese S2-Bedingungen bieten im Bereich der Forschung eindeutige Bar-

rieren, Zugangsbeschränkungen, Dokumentation, Überwachungen, regelmäßige Belehrungen, Gesundheitschecks, Entsorgung. Das ist alles geregelt. Dennoch muss jede Forschungsarbeit im Sinne einer Einzelfallbewertung genau eingestuft werden.

Und das ist die Problematik, über die wir heute insbesondere diskutieren: Wir wissen bis heute nicht genau, ob sich diese Organismen im Laufe der Zeit ausdünnen werden, ob sich ihre verschiedenen genetischen Elemente verlieren, oder ob diese Organismen in Wildpopulationen kreuzen, ob sie eventuell Teile dieser genetischen Elemente auch in andere Arten kreuzen, oder ob sie vielleicht sogar ökologische Nischen besiedeln, die wir im Moment noch nicht auf dem Schirm haben.

Um eine so weit wie möglich sichere Handhabung, optimierte Governance und Risiko-Nutzen-Abwägung im Sinne der Anwendung, aber auch der Forschung vorantreiben zu können, braucht es nach meiner Einschätzung vier Punkte:

Zum einen müssen wir die Öffentlichkeit einbinden, ohne sie zu missbrauchen. Wir müssen in aktivem Kontakt, im Austausch mit der Öffentlichkeit stehen, in Diskussionsveranstaltungen wie heute.

Zum Zweiten brauchen wir – und das sage ich nicht nur mit dem DFG-Hut auf – intensive Forschung auf höchstem Niveau. Wir brauchen interdisziplinäre Forschung von Molekularbiologen mit Ökologen, mit Evolutionsbiologen, mit Risikobewertern unter Einbeziehung von rechtswissenschaftlichen oder soziologischen Aspekten. Nur dann werden wir in der Lage sein, Off- oder On-Target-Effekte, Rückhol- oder Schutzverfahren besser einzuschätzen oder zu etablieren.

Drittens brauchen wir Aus- und Weiterbildung, Bildung, und zwar sowohl bei Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in allen Altersstufen, aber auch im Bereich der Gesellschaft und Politik, was natürlich mit Politikberatung einhergeht.

Viertens brauchen wir – auch das klang bereits an und ich halte es für extrem wichtig – internationale Abstimmungsprozesse. Wir brauchen Best-Practice-Standards auf internationalem Niveau, damit wir alle wissen, wovon wir reden, wenn wir über Gene-Drive-Systeme sprechen. Wir brauchen Richtlinien, die gültig sind, an die sich alle halten, am liebsten von selbst und gerne. Ich finde es wunderbar, dass die WHO bereits damit begonnen hat, sich dieser Thematik anzunehmen, und dass wir auch einen Vertreter der WHO auf dem Podium haben.

Joachim Schiemann · Julius Kühn-Institut, Quedlinburg

Guten Abend, ich war bis zum September letzten Jahres Leiter eines Forschungsinstitutes im Rahmen des Julius-Kühn-Institutes, das sich vor allen Dingen mit Fragen der Politikberatung, der Risikobewertung, des Risikomanagements und auch der Risikokommunikation befasst hat und auch eigene Forschung betrieben hat, die sich in den letzten Jahren natürlich stark auf Genome Editing fokussiert hat.

Im Prinzip ist ein Teil von dem, was ich sagen wollte, schon durch meine Vorrednerin gesagt worden, und ich kann mich allen Punkten, die sie gesagt hat, anschließen. Deshalb will ich mich auf einige andere Punkte fokussieren, Genome Editing in einen größeren Kontext stellen und deutlich machen, dass es eine breite Palette der Anwendung von Werkzeugen des Genome Editing gibt und dass Gene-Drive einen speziellen

Fall darstellt. Unterschiedliche Anwendungen erfordern unterschiedliche Sicherheitsbewertungen und Regulierungen. Wir brauchen ganz andere Sicherheitsbewertungen und Regulierungen, wenn wir Genome Editing im Bereich Pflanzenzüchtung einsetzen, aber auch im Bereich Gene-Drive.

Was heute schon mehrfach gesagt wurde: Gene-Drives fallen eindeutig unter die Regulierung des Gentechnikrechtes. Mehrfach ist auch die Stellungnahme der ZKBS angesprochen worden, die das klar untermauert, bereits im Februar 2016 veröffentlicht. Sie bezieht sich ausschließlich auf die Arbeiten unter *contained use*, berührt also nicht Fragen der beabsichtigten Freisetzung, sondern Fragen des Arbeitens in geschlossenen Systemen. Sie befasst sich aber auch mit der Frage, was passiert, falls diese Organismen aus einem geschlossenen System entweichen. Die Frage Umwelteffekte ist da nicht ausgeklammert.

Um hier nicht nur meine Meinung darzulegen, will ich mich auch auf einige Aussagen beziehen, zum Beispiel auf die Explanatory Note des europäischen Scientific Advice Mechanism, ein wichtiger, unter den neuen Kommissionen etablierter Mechanismus, und zwar auf die umfangreiche Studie *New Techniques in Agricultural Biotechnology*, die im April 2017 veröffentlicht und auf einer Tagung im September in Brüssel mit vielen relevanten Stakeholdern diskutiert wurde.

Dort wird klar gesagt, dass die Sicherheitsbewertung von Organismen, die mittels neuer Biotechnologien hergestellt wurden, nur auf einer Fall-für-Fall-Grundlage durchgeführt werden kann und dass sie von den Eigenschaften des Endproduktes abhängt, also von der veränderten Pflanze oder von den veränderten Insekten (was

auch immer ich mit Genome Editing verändern will), und dass wir unter anderem die spezifischen Mutationen in Betracht ziehen müssen, unbeabsichtigte Effekte, die genetisch veränderte Art, also nicht zwangsläufig gentechnisch, sondern genetisch veränderte Art. [...] das gentechnische Veränderungen sind, muss es auch unterschiedlich bewertet werden von der Umwelt, in der der veränderte Organismus verwendet werden soll, von der angewendeten landwirtschaftlichen Praxis und von der geplanten Verwendung und Exposition.

Heute ist mehrfach kritisiert worden, dass Gene-Drive nicht in Verbindung mit Dual Use, das heißt mit einer missbräuchlichen Anwendung, diskutiert wurde und wird. Das ist mitnichten so. Wir hatten vor einigen Tagen, und zwar vom 11. bis 13. Oktober, in Hannover-Herrenhausen eine internationale Tagung, Assessing the Security Implications of Genome Editing Technology. Da diskutierten wir unter anderem in vier Breakout Groups die Frage Dual Use, Genome Editing und Dual Use im Bereich Mikroben, im Bereich Landwirtschaft, aber auch im Bereich Gene-Drive und im Bereich der humanen Anwendung. Es war eine internationale Besetzung. Unter anderem wurde sie organisiert und vorbereitet vom InterAcademy Partnership [IAP], das ist die globale Dachorganisation aller Wissenschaftsakademien auf dieser Welt, von der EASAC [European Academies Science Advisory Council], von der Leopoldina und von unseren amerikanischen Kollegen.

Es gibt eine Pressemitteilung, in der gesagt wird, dass es essenziell ist, die weltweite Kultur der Verantwortlichkeit und Integrität in Forschung und Innovation zu fördern und zu erhalten, dass wir uns in einem offenen Dialog mit Stakeholdern zu engagieren haben und, ich zitiere den

Präsidenten des IAP: „dass die wissenschaftliche Gemeinschaft die Verantwortung dafür trägt, die realistisch vorhersehbaren Konsequenzen unserer Aktivitäten zu berücksichtigen und sich in einem Dialog mit den Stakeholdern über die Vorteile und die Sicherheitsimplikationen des Genome Editing zu engagieren“.

Ich betone: die realistisch vorhersehbaren Konsequenzen. Da habe ich bei einigen Beiträgen heute ein bisschen Bauchschmerzen gehabt, vor allen Dingen bei der Frage: eine Welt ohne Mücken. Ich halte es nicht für sinnvoll, so ein Schreckgespenst an die Wand zu malen und ein vollkommen unrealistisches Szenario zu diskutieren. Natürlich müssen wir in einem ersten Schritt alle nur denkbaren Szenarien diskutieren. Wir sollten aber in einem zweiten Schritt – und das ist Teil unserer Verantwortung – überprüfen, was davon wirklich realistisch ist und was sich davon mit unserer vorhandenen Evidenz deckt.

Mathieu Bangert · World Health Organization, Genf (CH)

Vielen Dank an den Ethikrat für die Einladung und auch an die Referenten, die sehr interessante Beiträge geleistet haben.

Ich arbeite in der WHO, in der Abteilung der vernachlässigten tropischen Krankheiten. Speziell kümmere ich mich da um die Krankheiten, die durch Stechmücken verbreitet werden.

Wie wir gesehen haben, reden wir heute von zwei Mücken: den Anopheles, die Malaria verbreiten, und den Aedes-Mücken, die Arboviren verbreiten. Wie wir heute auch schon gesehen haben, sind die Methoden, um sie zu bekämpfen, Bettnetze gegen die Anopheles und die Behinderung der Fortpflanzung für die Aedes-Mücken. Diese Strategien sind zwar effektiv, aber schwierig umzusetzen.

Wer schon mal in ein tropischen Land gereist ist, weiß, dass Bettnetze sehr kompliziert sind. Sich da jeden Abend reinzuquetschen ist ein ziemlich schwieriges Unterfangen. Das heißt, auch wenn wir sagen, dass wir 60 Millionen Bettnetze verteilt haben und wissen, dass es funktioniert, ist es eine andere Frage, ob das auch eingesetzt wird. Man sagt, dass Bettnetze am Ende als Fischnetze benutzt werden oder sogar als Brautkleider.

Die Behinderung der Fortpflanzung – da reden wir meist über Pfützen, also stilles Wasser. Die Mücken brauchen stilles Wasser, um ihre Eier abzulegen. Deswegen ist die Strategie, ihnen diese Stille-Wasser-Quellen so weit wie möglich wegzunehmen. Das ist in der Theorie einfach, aber wenn man bedenkt, dass ein Deckel einer Wasserflasche genug Wasser enthält, damit die Mücke da ihre Eier ablegen kann, kann man sich vorstellen, dass das in Ländern, wo etwas mehr Müll auf der Straße liegt, ziemlich schwierig ist. Das kann auch nicht von einem Gesundheitsministerium gemacht werden, sondern da muss die ganze Gemeinschaft mit anpacken.

Das sind die zwei Strategien, die die WHO gegen diese Krankheiten empfiehlt. Gleichzeitig kann man in spezifischem und geregelter Maß Chemie einsetzen, um die erwachsenen Mücken oder gleich die Larven zu töten.

Aber auch mit diesen drei Ansätzen wächst das Problem der Krankheiten. Wir haben Ausbrüche in Ländern, die diese Krankheiten bisher noch nie gesehen haben; Wir haben in Frankreich letztes Jahr Dengue-Ausbrüche gehabt. Dieses Jahr meldet das Gesundheitsministerium in Italien mehr als 300 Fälle von Chikungunja, und natürlich erinnern wir uns alle an Zika, für das die WHO letztes Jahr das PHEIC ausgerufen hat. Das steht für Public Health Emergency of International Concern und ist die höchste Stufe, die

man auslösen kann. Das Problem wächst, und als Resultat bekommen wir von unseren Mitgliedstaaten die Anfrage, neue Strategien zu finden.

Zum Glück sind in den letzten Jahren neue Ansätze gekommen, und um diese zu bewerten. Die WHO hat die VCAG ins Leben gerufen, die Vector Control Advisory Group. Das ist eine Gruppe internationaler Experten aus verschiedenen Disziplinen, die sich die Ansätze mit den Innovatoren anschauen und die Daten besprechen. Von den ungefähr zwölf Ansätzen, die zurzeit besprochen werden, sind drei Gene Modifications, und zwei von den drei sind Gene Drive.

Um zusammenzufassen, was diese Gruppe gesagt hat: Über Gene-Drive sagt die Gruppe, dass es ein sehr großes Potenzial hat (das haben wir auch heute Morgen gesehen); außerdem (da schließe ich mich der Kollegin an) brauchen wir viel mehr Forschung, weil es viele Wissenslücken gibt. Eine Einführung sollte auf jeden Fall stufenweise passieren, und man sollte sich an die nationalen Richtlinien anhalten. Wichtig vor allen Dingen ist die Aufklärung der Öffentlichkeit. Denn wenn die Öffentlichkeit nicht weiß, was passiert, ist es auch nicht richtig.

Gleichzeitig arbeitet die WHO an Richtlinien für GM [genmanipulierte] Moskitos. Die erste Version ist von 2009; das ist ein Dokument, das öffentlich ist, ein Panorama von GM-Problemen und Chancen. 2014 kam der erste Ansatz: Wie können wir so etwas regulieren? Und wie können wir sicherstellen, dass diese Technologien sicher und effektiv eingesetzt werden?

Eine Methode, die eigentlich mit allen Strategien eingesetzt wird, umfasst vier Phasen. Die erste Phase ist die Laborphase, die zweite sind dann diese *cages*, die ökologische – nachahmen, aber alles verschlossen. Die dritte Phase sind kleine Versuche, Feldversuche, und letztlich dann die

Einführung. Zwischen allen Phasen gibt es Go- oder No-Go-Szenarien, die man bewerten muss: Was sollte man beachten, um von einer Phase zur anderen Phase zu gehen? Das ist noch nicht ganz ausgefeilscht.

Letztlich haben wir auch dieses Jahr im Februar über die ethischen Aspekte bei der Bekämpfung der Vector-Borne Diseases gesprochen, aber eher generell. Dabei will ich es belassen und gebe an meinen Kollegen weiter.

Christoph Then · Testbiotech e.V., München

Vielen Dank für die Einladung. Ich komme von Testbiotech, das ist eine kleine NGO aus München. Wir sind auch Partner im Projekt GeneTip, mit Arnim von Gleich. Das Besondere an unserer Arbeit ist: Wir arbeiten wissenschaftlich relativ monothematisch zu diesen Themen, entwickeln selber nicht irgendwelche Produkte und sind auch frei von den Interessen der Anwender. Das heißt, wir haben eine Alleinstellung in dem Bereich, mit unserer Arbeitsweise und mit unseren Rahmenbedingungen.

Ich genieße es sehr, in so einem Zusammenhang zu arbeiten (ich habe schon in anderen Zusammenhängen zum selben Thema gearbeitet), denn das gibt einem die Möglichkeit, sich so mit den Details auseinanderzusetzen, dass man sie hinterher auch versteht [lacht], und dass man vielleicht auch für die öffentliche Diskussion dazu beitragen kann, dass der Diskurs informiert, aber auch kritisch und unabhängig von den Interessen der Anwender geführt wird. Da können wir zumindest anzeigen, dass es dafür einen Bedarf geben wird. Wir können den nicht ausfüllen, aber in diese Richtung besteht in der Governance ein Problem in der Debatte in Deutschland und eigentlich auch in der EU.

Sie sehen an meinem Lebenslauf in den Tagungsunterlagen, dass ich schon länger dabei bin in der Debatte. Ich stelle aber jetzt in Zusammenhang mit Gene-Drive fest, dass das eine neue Dimension hat. Zum ersten Mal machen wir das, was bisher vermieden werden sollte: Wir gehen mit diesen nicht von der Evolution adaptierten Geninformationen in die natürlichen Populationen rein und wollen, dass sie sich dort verbreiten. Das gibt eine neue Dimension oder eine neue Dringlichkeit für Fragen, die bereits diskutiert wurden, aber hier ganz stark aufs Tapet kommen, auch in der Veranstaltung, Fragen der Verlässlichkeit, der Vorhersagbarkeit, der Rückholbarkeit und der Langzeitfolgen.

Wenn wir die gesamte Situation zusammen mit dem ansehen, was in der bisherigen Gentechnik gemacht worden ist, mit Genome Editing und jetzt mit Gene-Drive, dann sind wir dabei, in die Keimbahn der biologischen Vielfalt einzugreifen. Es gibt viel Diskussionen über den Eingriff in die menschliche Keimbahn. Ich denke, wir greifen gerade in die Keimbahn der biologischen Vielfalt ein, auf eine Art und Weise, die nicht vergleichbar ist mit natürlicher Evolution und auch nicht mit Züchtungen.

Da stellt sich die Frage: Darf unsere Generation über die Zukunft der biologischen Vielfalt entscheiden? Dürfen wir das jetzt entscheiden möglicherweise für alle Zukunft, was mit der biologischen Vielfalt in dem Bereich passiert? Dürfen wir darüber entscheiden, dass dauerhaft und unter Umständen massenhaft genetische Informationen in die natürlichen Populationen gelangt, die nicht von der Evolution adaptiv entwickelt wurden, wo es also diese langen Anpassungsmechanismen nicht gab und die auch nicht der natürlichen Genregulation, nicht einmal den natürlichen Mechanismen der Vererbung unterliegen?

Das ist ein bisschen die Gretchenfrage und auch die ethische Frage, weil sie die Verantwortung für kommende Generationen impliziert. Wenn wir etwas aus kurzfristigen Heils- oder Gewinnerwartungen heraus machen, was nachfolgende Generationen nicht mehr rückgängig machen können, haben wir uns nicht unserer Verantwortung gestellt. Das ist wohl auch für den Ethikrat eine der zentralen Fragen, inwieweit und wie wir mit dieser Verantwortung umgehen müssen.

Wenn man jetzt in den Bereich der Governance kommt, die Lösungsansätze – ich denke, dass man sich in der Forschung (das ist auch schon angesprochen worden) auch noch einmal die Forschungsziele anschauen sollte. Wir haben in der EU eine fehlende Balance zwischen dem, was wir fördern wollen, und dem, was wir schützen wollen. Wir wollen fördern – und das finde ich auch okay – Technikentwicklung, Innovation, neue Technologien. Wir sprechen vom Innovationsprinzip, weil es klar ist, wir – unsere Gesellschaft lebt davon und auch die Zukunft unserer Gesellschaft lebt davon, dass wir Forschung betreiben, neue Produkte entwickeln und auch auf technischer Ebene Verbesserungen herbeiführen.

Da haben wir ein, ich glaube, 100-Milliarden-Programm der EU, wie das generell in dem Bereich adressiert ist. Auf der anderen Seite haben wir aber kein funktionierendes System, wenn es um die Bewertung der Risiken geht. Wir haben natürlich die Behörden. Die kommen aber eigentlich zu spät und sollen dann irgendwelche schwierigen Fragen auf der Ebene der Daten, die die Industrie vorlegt, beantworten. Wir haben im Vorfeld, im Frühfeld der Technikfolgenabschätzung, der Technologie-Bewertung und auch in der Praxis kein funktionierendes System, das kritisch und aktiv Fragen des Umweltschutzes in

den Vordergrund stellt. Da gibt es kein funktionierendes Forschungsprogramm. Früher gab es dieses Biosicherheitsprogramm, was aber zu nah dran war an den Erwartungen der Anwender.

Da wäre der Governance-Vorschlag von Testbiotech, dass man hier ein Gegengewicht schafft, indem man diejenigen, die im Umwelt-, Verbraucher- und Tierschutz aktiv sind, mit darüber entscheiden lässt, wie Forschungsbudgets aufgebaut werden, welche Themen verfolgt werden sollen und welche Forschungsbereiche wie verfolgt werden sollen, und hier eine Mainstream-Forschung schafft, die es den Wissenschaftlern, die daran interessiert sind, ermöglicht, Drittmittel oder staatliche Fördermittel einzuwerben über langfristige Zeithorizonte, sich unabhängig zu machen von Drittmitteln, ein Stück weit von den Mitteln der Anwender, und auch in der Lage zu sein, Top-Forschung zu machen, ihre Doktoranden zu bezahlen, langfristig einen Lehrstuhl aufzubauen, Karriere zu machen, auch für junge Wissenschaftler in einem Bereich, der nicht auf Produktentwicklung ausgerichtet ist, sondern auf Schutz von Mensch und Umwelt.

Das wäre etwas grundsätzlich Neues. Das ist machbar, das ist eine forschungspolitische Frage und auch eine Frage, die man an die DFG herantragen könnte, inwieweit da neue Mechanismen eingeführt werden könnten im Bereich der Entscheidung über Forschungsprojekte, die dann natürlich so gut wie möglich, also auf einem *top scientific level* durchgeführt werden. Es sollen nicht die Umweltverbände forschen, sondern es soll ein neuer, ein zweiter Forschungsweg in dem Bereich geschaffen werden, der entsprechend ausgestattet ist, dass wir wirklich Mainstream und nach hohen Standards in dem Bereich forschen können. Das sind erhebliche Mittel. Das sind zwar nicht die Mittel, die man

braucht, um Produkte zu entwickeln, aber das sind keine Peanuts.

Und die zweite Geschichte, die mir wichtig wäre, ist, dass wir uns über Mindestziele verständigen. Wenn ich mir all diese neuen Technologien ansehe, wäre das Mindestziel (was ich auch schon versucht habe zu formulieren) diese ganz einfache Idee, die von Anfang an in der Gentechnikdebatte da war: Wenn man die Ausbreitung der Organismen räumlich und zeitlich nicht kontrollieren kann, dann lassen wir sie auch nicht frei.

Ich glaube nicht, dass das das Ende der Debatte ist. Ich glaube, dann werden wir viele Debatten darüber haben, wie man das erreicht, das Ziel, und was es im Einzelnen technisch bedeutet. Aber dass wir uns auf dieses Ziel einigen, dass wir sagen: Wir wollen Verantwortung übernehmen für das, was wir technisch machen. Wir wollen diese Organismen nicht der nächsten Generation zwangsläufig aufbürden, sondern wir haben als Ziel, dass wir nur das freilassen, was wir auch kontrollieren können und wo wir noch eingreifen können, wenn etwas schiefgeht.

Das ist der Kern des Vorsorgeprinzips in der EU. Es ist nirgendwo ausdrücklich formuliert, dass das im Zusammenhang mit räumlicher und zeitlicher Kontrolle steht. Aber es ist bereits im EU-Recht impliziert, es wird gesagt: Alle zehn Jahre muss überprüft werden, ob man einen GVO, den man einmal zugelassen hat, noch haben will. Er muss also ein neues Zulassungsverfahren durchlaufen, und das kann ich nur machen, wenn eine Möglichkeit besteht, dass ich den wieder aus dem System rausnehme.

Auf diese Standards sollten wir uns einigen, als Zielvorgabe im Umgang mit diesen neuen Technologien.

Steffen Augsberg

Herzlichen Dank. Sie haben verstanden, dass unterschiedliche Positionierungen vorgenommen worden sind, die vorher vielleicht schon bekannt waren. Ich würde gerne diese Governance-Debatte etwas dahingehend strukturieren, dass wir uns unterschiedliche mögliche Handlungsebenen anschauen. Vielleicht beginnen wir mit dem, was man klassischerweise als Regulierung versteht, nämlich die staatliche respektive supranationale und völkerrechtliche Ebene, kämpfen uns dann vor über die Aspekte einer komplementären Selbstregulierung (da sollten wir technische Aspekte behandeln) und kommen dann vielleicht zu dem wichtigen Punkt des edukatorischen Handelns, der Aufklärungsarbeit, der heute schon mehrfach angesprochen worden ist.

Meine Frage an Sie alle wäre zu Beginn mit Blick auf die existierende Regulierung auf staatlicher, europäischer, Unions- und völkerrechtlicher Ebene: Sind Sie damit einverstanden?

Bei Herrn Then habe ich durchgehört, dass er das Vorsorgeprinzip, so wie es ist, für ausreichend, aber vielleicht ausbaubedürftig hält. Wie ist das bei den anderen? Haben Sie konkrete Wünsche, Vorstellungen dazu, was dort geändert werden sollte, zunächst einmal auf der Ebene der verbindlichen Regulierung?

Christoph Then

Einmal fehlen Cut-off-Kriterien, wo man sagt: Da muss man gar nicht prüfen; so ein Organismus darf nicht freigesetzt werden, weil er räumlich und zeitlich nicht kontrolliert werden kann. Das fehlt in der Regulierung.

Das Zweite ist, dass man viel zu naiv ist in dem, was man in der Regulierung macht. Man muss sich fast zu 100 Prozent auf die Daten der In-

dustrie verlassen, die da die Grundlage der Prüfung sind. Das kann nicht ausreichend sein.

Auch werden bestimmte Teilbereiche ausgeblendet. Es gibt viele Bereiche, die in der Regulation völlig unterbelichtet sind und überhaupt nicht vorkommen, weil man sie nicht beantworten kann, weil sie zu komplex sind. So kann man mit Risiken nicht umgehen. Man muss sie wenigstens benennen, man muss klar benennen: Wo sind die Unsicherheiten, wo beginnt das Nichtwissen, wo ist die Ahnungslosigkeit?

Das passiert im Moment nicht. Wir haben ein System, das darauf ausgerichtet ist, dass Produkte – das, was die EFSA [European Food Safety Authority] macht – zeitnah auf den Markt kommen, dass es keine Diskrepanz gibt zwischen den Zulassungen in den USA und Kanada und Europa. Das ist ein zentrales Ziel der derzeitigen Zulassungsarbeit, von der Kommission so gesteuert und von der EFSA umgesetzt. Das das ist kein sauberer Umgang mit den Risiken für Mensch und Umwelt.

Steffen Augsberg

Wir wollten aber konkret über die Gene-Drives sprechen.

Christoph Then

Sie hatten bestehende Mängel angesprochen, und wenn ich das auf die Gene-Drives übertrage – das System reicht natürlich nicht aus. Das sind ja völlig neue – einmal die Frage der Cut-off-Kriterien, aber auch wenn ich mir den Gene-Drive anschau: Ich müsste in ganz anderen Dimensionen, ganz anderen Mengen der Freisetzung von Millionen von diesen gentechnisch veränderten Insekten, das sind alles Fragen, die der –

Es gibt in Europa schon eine Richtlinie zur Überprüfung gentechnisch veränderter Insekten; die hat die EFSA gemacht. Da gibt es sogar

schon eine Grundsatz-Richtlinie. Die ist aber nicht für Gene-Drives gemacht, sondern im Wesentlichen noch für diese Oxitec-Fliegen, die in der nächsten Generation sterben sollen. Da ist das in gewissem Maße anwendbar. Das ist aber kein Gene-Drive, weil sich dann nichts fortpflanzen soll.

Für die Fragen, die wir hier diskutieren: Wir wissen nur, es ist ein GVO. Das ist eindeutig nach dem EU-Recht; das ist auch schon gesagt worden. Es ist eindeutig GVO, aber wir wissen nicht, wie wir mit Anmeldungen umgehen würden, wenn die kommen würden, etwas freizusetzen, weder im Freisetzungsvorhaben, noch im Bereich der kommerziellen ...

Steffen Augsberg

[ohne Mikro, unverständlich]

Katja Becker

Ich würde gern auf Ihre Frage antworten. Das habe ich auch ein bisschen in Richtung DFG verstanden, ob sich die DFG um das Thema Gene-Drive kümmert oder was man von Forschungsseite aus machen kann. Das ist zwar kein europäisches, aber ein nationales – die DFG ist die wichtigste Förderorganisation in Deutschland.

Hierzu kann ich nur sagen: Die DFG betreibt keine Programmforschung. Das schätzen wir als sehr hohes Gut. Das heißt, die DFG schreibt keine Programme aus und sagt: Heute forschen wir dazu und morgen dazu, sondern sie nimmt quasi bottom-up die Anträge an und begutachtet, bewertet sie dann ausschließlich auf der Basis der wissenschaftlichen Qualität. Das ist nicht selbstverständlich. Von daher bin ich dankbar, dass Sie das angesprochen haben.

Die Debatte zum Thema Impact ist eine ziemlich große Debatte, nicht nur in Deutschland, sondern europa- und weltweit: Inwiefern muss Forschung

immer einen konkreten Outcome haben? Inwiefern muss sie ein Ziel haben, das in irgendetwas resultiert und irgendwie umgesetzt werden kann oder gar am Ende kommerzialisiert werden kann?

Wir beobachten das ein bisschen mit Sorge, denn ein Großteil der Welt dreht sich wirklich in diese Richtung. Die DFG ist eine der wenigen Organisationen auf der Welt, die davon ausgehen, dass Wissenschaft immer einen großen Impact hat, der aber nicht immer sofort zu erkennen ist.

Abgesehen davon kann ich anmerken: In der Deutschen Forschungsgemeinschaft gibt es eine Ständige Senatskommission für Grundsatzfragen der Genforschung, die sich mit diesen Themen befasst, übrigens in enger Kooperation mit anderen Organisationen wie beispielsweise der Leopoldina oder dem Ethikrat. Der Kommission sitze ich zurzeit vor.

Wir haben gerade eine Senatskommission für Grundlagen der biologischen Vielfalt gegründet. Denn wir sehen, wie beide Aspekte eng miteinander verknüpft sind und dass man sie nur gemeinsam denken kann: biologische Vielfalt, Gene-Drive, synthetische Biologie, CRISPR/Cas-Technologien.

Joachim Schiemann

Zur Frage Gentechnikrecht: Ich bin damit einverstanden, dass Gene-Drives im Rahmen des deutschen und europäischen Gentechnikrechtes reguliert werden, also dass Sicherheitsbewertung und Sicherheitsmanagement in diesem Rahmen erfolgen.

Für die Sicherheitsbewertung haben wir in Deutschland eine Reihe von sehr kompetenten Organisationen, zum Beispiel die Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit, die sehr kompetente Bewertungen abgibt. Wir haben

fünf Behörden, die sich mit der Zulassung, Bewertung usw. befassen und die gesamte Bandbreite der möglichen Anwendungen vertreten: Gesundheitsbereich, Lebensmittelbereich, landwirtschaftlicher Bereich, Umweltbereich und das FLI [Friedrich-Loeffler-Institut], wenn es speziell um Tiere geht, also gentechnisch veränderte Insekten.

Die Kritik an der EFSA kann ich in keiner Weise nachvollziehen. Die EFSA ist ein kompetenter Organismus auf europäischer Ebene und gibt kompetente Stellungnahmen ab. Es ist wichtig, dass die EFSA an einem entsprechenden Guidance-Dokument arbeitet (ich gehe aber davon aus, dass sie das tut), das sich speziell mit Gene-Drive befasst. Dass es noch nicht vorliegt, liegt sicherlich daran, dass die Thematik relativ neu ist und dass zumindest in Europa in absehbarer Zeit noch nicht mit experimentellen Freisetzungen zu rechnen ist. Das ist ja etwas, worum sich die EFSA zu kümmern hat: um die Freisetzung und das Inverkehrbringen.

Sicherlich wäre es wichtig, alle diese Bemühungen international zu harmonisieren. Diesen Bedarf haben wir auf vielen Ebenen: im Bereich Genome Editing allgemein (vor allen Dingen wenn wir an die internationalen Märkte denken) und auch im Bereich Gene-Drive. Insofern würde ich das sehr unterstützen. Die Frage ist, wer sich den Hut aufsetzt. Wir haben häufig OECD diskutiert, PHO [?] wäre sicherlich sehr sinnvoll.

Zur Frage der Risiken und der Risikoforschung: Wir hatten im Bereich gentechnisch veränderte Organismen Hunderte von Projekten zur Risikoforschung, in erster Linie vom BMBF finanziert. Das hatte nichts mit Mitteln oder Interessen der Anwender zu tun, sondern das waren rein öffentliche Mittel. Wir haben entsprechende Forschung auf EU-Ebene gehabt. Es gibt entspre-

chende Berichte des BMBF und der EU, die diese Forschungsaktivitäten zusammenfassen.

Natürlich wäre es sinnvoll, Forschungsprojekte zu potenziellen Risiken des Gene-Drive aufzulegen, aber dann nicht in dieser generellen Zielstellung, sondern zu fragen: Welche Anwendungen haben wir?, sich konkrete Punkte herauszusuchen und dann die entsprechende Risikoforschung durchzuführen.

Ganz nebenbei: Vom BMBF werden im Augenblick fünf Projekte gefördert, darunter haben wir eines: ELSA-GEA, ethische, juristische und sozioökonomische Aspekte der Anwendung des Genome Editing in verschiedenen Bereichen, also Mikroorganismen, Landwirtschaft, Pflanzen, Tiere und im Humanbereich. Es ist sehr wichtig, dass das BMBF das gesamte Spektrum an Forschung nach wie vor fördert. Auch hier: keinerlei Interesse der Industrie oder der Anwender, sondern eine ganz klar mit öffentlichen Mitteln finanzierte, unabhängige Forschung.

Steffen Augsberg

Vielen Dank. Erlauben Sie eine Nachfrage, bevor Herr Bangert etwas zur Möglichkeit oder auch Unmöglichkeit einer internationalen Harmonisierung sagen kann.

Sie haben die unterschiedlichen Behördeninstanzen angesprochen, die auf nationaler Ebene beteiligt sind. Das ist auch in dem schon mehrfach erwähnten NAS-Report ein zentraler Punkt. Hier wird unter den Governance-Aspekten gesagt: Wir haben Schwierigkeiten damit, dass die FDA [Food and Drug Administration] und wer weiß nicht alles daran beteiligt ist.

Gibt es aus Ihrer Erfahrung solche Friktionen auch im nationalen Bereich? Dass die unterschiedlichen Behörden möglicherweise im Konflikt zueinander stehen? Wir erinnern uns an die

Tagung, die Leopoldina, DFG und Ethikrat zusammen gemacht haben, wo es um die Interpretation des gentechnisch veränderten Organismus ging. Bei der Frage, ob CRISPR/Cas9-modifizierte Mikroorganismen darunterfallen, war evident, dass auch innerhalb der staatlichen Sphäre unterschiedliche Positionen vertreten werden.

Joachim Schiemann

Natürlich werden da unterschiedliche Positionen vertreten. Die Behörden sind unterschiedlichen Ministerien unterstellt, und wenn wir auf die juristische Bewertung kommen, dann sind entsprechende Studien vom BfN [Bundesamt für Naturschutz] zum Beispiel in Auftrag gegeben worden, die zu dem Schluss kommen, dass das europäische Gentechnikrecht ausschließlich an der Technologie orientiert ist und nicht an den Produkten.

Auf der anderen Seite gibt es juristische Bewertungen, die ich persönlich für sinnvoll halte. Unsere Kollegen vom BVL [Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit] zum Beispiel kommen zu der Aussage, dass das europäische Gentechnikrecht sowohl prozess- als auch produktorientiert ist, dass es in den letzten Jahren eine weitgehende Fehlinterpretation gegeben hat und dass damit auch die Möglichkeit besteht, bestimmte Produkte aus bestimmten Regelungs- oder Bewertungsbereichen herauszunehmen, insbesondere im Bereich Anwendung in der Landwirtschaft, also in der Pflanzenzüchtung.

Mathieu Bangert

Das ist ein schwieriges Thema, aber wie Sie gesagt haben: Es ist gut, eine Harmonie zu finden zwischen den Ansätzen, die es gibt. Das erste Meeting, das gehalten worden ist, auch mit den verschiedenen Akteuren: mit dem französischen Staat, mit den USA, mit vielen verschiedenen

Stakeholdern, die damit schon Erfahrungen haben und die ihre Perspektive an den Tisch gebracht haben, und die wurden dann harmonisiert.

Das Ziel der Richtlinien ist immer, die Qualität der Daten auf dem höchsten Niveau zu haben und auch vergleichbar zu haben. Das heißt, wenn Tests in den USA durchgeführt werden, dass wir die genauso vergleichen können, als wenn sie in Kenia passieren, wenn sie dieselben Richtlinien einhalten.

Wie ich vorhin besprochen habe, sehen wir das in den vier Phasen. In den ersten Phasen können wir das auf internationaler Ebene gut harmonisieren, weil das alles in einem Labor nach schon bestehenden Richtlinien passiert.

Wo es ein bisschen komplizierter wird, ist in der zweiten Phase oder dritten Phase, wenn wir sagen, wir probieren, es im kleinen Raum auszusetzen. Denn die Herausforderungen, die wir hier in Frankfurt, in Deutschland haben, sind komplett anders als in Lahore, in Pakistan oder Nairobi in Kenia. Da müsste schon viel angepasst werden in diesen Richtlinien. Wir arbeiten schon daran, auf welche Aspekte man schauen sollte.

Sie haben vorhin gesagt: Gene-Drive sollte man stoppen, wenn es räumlich und zeitlich nicht begrenzt werden kann. Ohne mich hier für Gene-Drive zu stellen, würde ich sagen, dass das eigentlich der Punkt von Gene-Drive ist, dass wir nicht – dass es zeitlich weitergeht, denn als Hauptvorteil wird gesagt, dass es kostengünstig ist, während die Bekämpfung der Mücken, um Krankheiten einzudämmen, sehr teuer ist. Das heißt, schon jetzt sehen wir diese Donor Fatigue mit den Bettnetzen und den Insektiziden. Das ist etwa, was wir damit anpacken könnten.

Damit könnte man auch ein Problem von Equity anpacken. So eine Technologie kann reichen als

auch ärmeren Menschen helfen. Eine Technologie, die lange anhält, hat auch Nutzen in Situationen, wo man traditionelle Methoden nicht gut anwenden kann. Ein Beispiel: In Südamerika wurden die Aedesmücke und Malaria sehr gut bekämpft über fünfzig Jahre. Die südamerikanischen Staaten haben ein sehr niedriges Niveau von Malaria, außer in einigen Staaten wie zum Beispiel in Venezuela. Dort gab es in den letzten zwei Jahren ökonomische und soziale Probleme, weshalb sie ihre traditionellen Methoden nicht einsetzen können und jetzt wieder große Ausbrüche von Malaria und anderen Krankheiten haben.

Christoph Then

... ein Missverständnis. Wenn Sie sagen, dass die Wirkung lang andauernd sein soll, so kann sie doch räumlich und zeitlich unter Umständen kontrollierbar sein. So habe ich auch etliche Vorträge heute verstanden, dass die Wissenschaftler sagen: Wir entwickeln Methoden, um die Anwendung des Gene-Drives kontrollierbar zu machen. Wenn man die gemeinsame Zielvorstellung hat, dass es kontrollierbar sein soll, und sagt: Das muss erreicht werden, dann hätte man ja nur eine Zielvorstellung formuliert und müsste prüfen, ob das stimmt, ob der wirklich kontrollierbar ist.

Aber wenn man diese Zielvorstellung offenlässt und sagt: Ja, wir können unter Umständen etwas freisetzen, was wir gar nicht unter Kontrolle haben, hat man eine grundsätzlich andere Situation.

Ich glaube, das ist als Mindeststandard zu sagen: Wir alle sind uns einig über das Ziel, aber vielleicht nicht über die Umsetzung. Das kann dann viele Debatten geben. Das wäre ein guter Ausgangspunkt, um die Debatte in dem Bereich weiterzutragen.

Steffen Augsberg

Aber wird da nicht ein falscher Zungenschlag gewählt? Denn es gibt wohl niemanden, der sagt: Wir wollen etwas freisetzen, was völlig unkontrolliert ist. Sondern im Prinzip geht die Debatte um das Maß an Kontrolle und um die Beweislast dafür. Das ist das, was auch mit dem Schlagwort Vorsorgeprinzip ein bisschen unzureichend in unterschiedlichen Verständnissen umschrieben wird. Aber dass es keine hundertprozentig sichere Technik gibt, ist nicht beschränkt auf Gene-Drive oder Gentechnik oder Sonstiges, sondern gilt für alles, ist gewissermaßen ein typisches Lebensrisiko. Das heißt, das kann man nicht ernsthaft verlangen.

Auf der anderen Seite ist klar, dass man nicht, wie Sie das eben gesagt haben, naiv unkontrollierte Risiken eingeht, sondern das ist genau unsere Fragestellung: An welcher Stelle setzen wir die Grenze?

Und wenn ich den Unterschied zwischen Ihnen auf dem Podium im Moment richtig verstehe, dann geht es auch darum, zu sagen: Wie weit tastet man sich da heran und forscht erst einmal in diese Richtung? Und versucht das ...

Christoph Then

Ich habe nichts zur Forschung gesagt, da verstehen Sie mich auch falsch. Ich habe nur gesagt, man sollte sich gesetzlich – ich habe nichts zu Forschungsverbieten gesagt, ich sage: Man sollte sich gesetzlich darauf verständigen, dass es dieses Ziel gibt, es festhalten und sich dann darüber unterhalten: Wie erreicht man das? Denn im Moment ist das nicht so klar.

Ich sehe auch viel Einverständnis, auch bei den Wissenschaftlern, dass man das irgendwie kontrollierbar machen möchte, und ich bin dafür, das festzuhalten als Ziel und dann Standards einzu-

führen, zu überlegen, wie kann ich das kontrollierbar machen?, und das zu überprüfen. Das wäre ein Herangehen, auf das man sich einigen könnte. Man würde sich trotzdem nicht vom Ergebnis her einig sein, aber von der Herangehensweise wäre das ein wichtiger Schritt, eine gemeinsame Zielvorgabe zu haben.

Sie sagen, es gibt überall Risiken – das ist klar. Aber wir müssen aufpassen, dass wir – meine Eltern haben früher gesagt irgendwie: „Du bist gegen Atomkraftwerke, aber du rauchst!“ [lacht] Man muss aufpassen, dass man die Spezifität der Risiken betrachtet.

Wenn man die gesamte Debatte über Gentechnik und Biotechnologie der letzten zwanzig, dreißig Jahre ansieht, dann haben wir (ich glaube, da sind wir uns einig) ein neues Niveau der Eingriffstiefe erreicht. Und wir brauchen einen neuen Konsens darüber, dass wir das kontrolliert machen wollen und nicht unkontrolliert.

Steffen Augsberg

Das ist ein guter Punkt, um für diese erste Ebene, also die Frage der strikten rechtsverbindlichen Regulierung, die Frage ins Publikum zu richten, ob dort Anmerkungen, Ergänzungen oder Nachfragen bestehen.

Sigrid Graumann

Sigrid Graumann, Ethikrat. Ich habe eine Frage vor allem an Herrn Bangert. Ich kenne die Situation im tropischen Afrika in der Gesundheitsversorgung aus anderen Problemfeldern, weil wir da Hochschulkooperationen haben. So wie Sie es dargestellt haben, die schrittweise Freisetzung – mir fehlt ein bisschen die Fantasie, wie das in den Ländern funktionieren soll, die noch nicht mal eine Infrastruktur haben (und sich die auch nicht leisten können), um eine flächendeckende Versorgung mit Medikamenten im

Land gewährleisten zu können, um Malaria zu behandeln, was ja nicht besonders viel kostet. Meine Frage: Behandeln Sie das in Ihren Projekten mit? Überlegen Sie, wie das gelingen kann? Das ist das eine.

Das andere ist: Sie haben gesagt, das sei eine kostengünstige Variante der Malaria-Bekämpfung oder der Bekämpfung von anderen durch Mücken übertragenen Krankheiten. Da wäre meine Frage: Wer trägt die Kosten dafür? Wir wissen, dass die Menschen in vielen afrikanischen Ländern nicht das Geld haben oder es vielleicht auch nicht aufwenden wollen, um sich die Mückennetze zu kaufen. Deshalb werden die über Entwicklungshilfeprogramme oder Hilfsprogramme bereitgestellt. Sie werden dann aber unter Umständen nicht vernünftig angewendet. Da sieht man, dass die Probleme unter Umständen ein bisschen auf einer anderen Ebene liegen.

Meine Frage wäre: Wenn die Verfahren dann eingesetzt werden – wir wissen, es wird westliche Gelder (das haben wir heute mit dem Anreizsystem gehört), westliche Firmen geben, die die Produkte herstellen; die wollen auch Geld dafür sehen. Wer bezahlt das dann? Geht das von dem knappen Budget der Länder ab? Ich habe jetzt die hochendemischen Länder im tropischen Afrika im Blick, die nicht in der Lage sind, viele andere Gesundheitsausgaben, die vielleicht viel basaler sind, aus eigener Kraft zu stemmen. Wie diskutiert die WHO diese Problematik? Die Zusammenhänge sind Ihnen ja bekannt.

Mathieu Bangert

Da wir noch in einem sehr jungen Stadium mit den Mückenstrategien sind, arbeiten wir noch mit keinen Ländern. Ich glaube, es wird noch lange Zeit dauern, bis das geschieht, vor allen Dingen mit Gene-Drive.

Aber ich kann von anderen Methoden, auch genmanipulierten Mücken, die zum Beispiel in Kolumbien ausgesetzt wird, das, was ich da gesehen habe – das ist nicht von der WHO, aber scheint eine interessante Strategie zu sein: in erster Stelle, wie Sie gesagt haben, erst einmal die Infrastruktur aufzubauen. Dazu zählt ein Insektarium, damit man diese Mücken in großen Mengen aufbauen kann.

Da fängt man mit dem Wildtyp an, also normalen Mücken, und wird dann schrittweise das Risiko hochgehen, bis man sicher ist, dass die Infrastruktur, die aufgebaut ist, auch so arbeiten kann, wie es die Richtlinien vorsehen.

Natürlich gibt es auch den Kostenaspekt; alles kostet Geld. Die Malaria-Behandlung ist zwar günstiger geworden, auch die Diagnostik. Aber unsere Strategien, die wir jetzt gerade haben, das sind alles Vorsorgen, damit die Krankheit gar nicht passiert. Vielleicht ist die Intervention ein bisschen teurer oder gleich teuer wie die Behandlung eines Patienten, aber man muss auch die ökonomischen Effekte von Malaria einbeziehen: Mit dem Fieber kann man nicht zur Arbeit gehen, die Kinder gehen nicht zur Schule und können dann nicht die Schule abschließen. Wenn man diese ökonomischen Effekte einbezieht, sieht man, dass eine Investition in der Vorsorge später viel Geld wieder reinbringt.

An der Finanzierung arbeiten wir. Ich habe schon gesagt, ich arbeite mit den vernachlässigten tropischen Krankheiten; das sind verschiedene Krankheiten, die Sie wahrscheinlich nie gehört haben. Da versuchen wir öfters innovative Methoden und Ansätze zu erarbeiten, um das finanzieren. Ein Beispiel, das wir mit den Philippinen erarbeitet haben, ist die *sin tax* von 1 Prozent, die auf Tabak und Alkohol gesetzt

worden ist und die sofort in die Bekämpfung von spezifischen Krankheiten geht.

Genauso mit Japan: Wenn man mit Japan Airlines ein Flugticket kauft, wird jedes Mal ein Euro in einen speziellen Fonds für solche Aktivitäten gebracht. Auf solche neuen alternativen Finanzmethoden sollten wir uns stützen und probieren, weg von den Spenden zu gehen.

Katja Becker

Im Moment sind wir in der Situation, in der wir nur versuchen können, so viel wie möglich zu lernen und zu entwickeln, Strategien, Gegenstrategien, Forschung, Entwicklung zu betreiben, und dann wird es jeweils eine Nutzen-Risiko-Abwägung sein. In jedem Einzelfall werden wir uns entscheiden müssen: Ist jetzt der Moment für uns gekommen, eine Gene-Drive-Strategie einzusetzen oder nicht?

Deswegen bin ich Herrn Bangert dankbar, dass Sie differenziert haben zwischen Anopheles und Aedes. Hier sehe ich auch einen großen Unterschied: Anopheles überträgt Malaria. Malaria ist ein Parasit, ein einzelliger, eukaryontischer Organismus, gegen den wir schon eine Menge von Möglichkeiten der Eindämmung haben.

Ich sage meinen Studenten immer: Es gibt die Ma-me-mi-mo-mu-Konstellation. Wir brauchen Malaria-Parasiten, den Menschen, Mindesttemperaturen, Moraste (also Sümpfe) und mu, das sind die Mücken. Nur wenn wir diese fünf Faktoren haben, haben wir Malaria. Wenn wir einen dieser Faktoren nicht mehr haben, ist die Malaria weg.

Das heißt, wir können an verschiedenen Stellen ansetzen. Wir können die Mücken bekämpfen, wir können teilweise sogar impfen (noch nicht mit voller Protektion, ganz klar), wir haben Medikamente, wir haben Bettnetze. Wir haben in

der Malaria-Forschung in den letzten zwanzig, dreißig Jahren und der Malaria-Bekämpfung massive Fortschritte gemacht. Wir hatten noch vor wenigen Jahren anderthalb oder zwei Millionen Tote. Ich bin sicher: Wenn wir die Möglichkeiten, die wir haben, inklusive der Beeinflussung der jeweiligen Politik vor Ort (das ist ein wichtiger Faktor), alle nutzen würden, dann könnten wir die Malaria auch beseitigen.

Anders dagegen (und ich sage das, weil ich für eine Einzelfallabwägung plädieren möchte, wie sie überall auch zu lesen ist) kann es mit Aedes aussehen. Wenn wir plötzlich aufgrund der Klima-Erwärmung, die es gibt, in Südeuropa Chikungunya- oder Zika-Ausbrüche bekommen im Millionenausmaß, und es gibt keine Medikamente gegen diese viralen Erkrankungen – es gibt nicht gegen alle bereits Impfstoffe. Gut, man kann auch Bettnetze vorschlagen, aber da merkt man, man kommt an sein Limit – dann kann es sein, dass wir uns entscheiden: Okay, jetzt ist der Moment, eine so weit wie möglich gut durchdachte Gene-Drive-Strategie einzusetzen.

Silja Vöneky

Ich möchte nicht über den Einsatz von Gene-Drives sprechen, sondern über die Schritte davor. Da war eine konkrete Forderung, insbesondere von US-Forschern, eine Präregistrierung, das heißt ein öffentlich einsehbares Register, wo alle Versuche von Gene-Drives eingestellt werden und auch, wenn sich Forschungsvorhaben verändern. Was halten Sie auf dem Podium davon? Das wäre ja sehr niederschwellig umzusetzen. In Zeiten der digitalen Vernetzung könnte so etwas einfach eingerichtet werden und es würde Transparenz schaffen.

Die zweite Frage: Herr Schiemann hat erwähnt, dass bei der Tagung der Volkswagen-Stiftung über Dual-Use-Gefahren gesprochen wurde. Ich

kenne die Veranstaltung und ich habe gesehen, wer dort gesprochen hat. Ich bin froh, dass auch viele internationale Kollegen gesprochen haben, weil ich glaube, dass im internationalen Bereich Dual-Use-Fragen intensiver diskutiert werden, als sie bisher in Deutschland diskutiert wurden.

Ich habe aber von Teilnehmern der Veranstaltung gehört, dass sie doch etwas enttäuscht waren über die Governance-Ansätze, die dort diskutiert wurden. Da wurde viel über bottom-up gesprochen. Ich kann Bottom-up-Grundsätze gut verstehen und glaube, dass es die Forscher auch besser überzeugt. Aber es gibt ja auch andere, die vielleicht diskutiert werden sollten.

Eine konkrete Frage an Sie, Herr Schiemann: Was halten Sie davon, die ZKBS auf gesetzlicher Grundlage zu erweitern um einen Security-Experten, also einen Sicherheitsexperten für Dual-Use-Fragen? Wäre das nicht ein Schritt, den man gehen könnte?

Joachim Schiemann

Kurze Antwort: auf jeden Fall. Das würde ich sehr begrüßen, wenn dieser Bereich dort stärker vertreten wäre.

Steffen Augsberg

Darf ich da auch eingrenzen? Ich habe einen Leserbrief bzw. einen Kommentar in der Diskussion bei *Science* gelesen, auch mit Blick auf Dual Use. Dann ging es um Transparenzfragen wie: Was muss eigentlich offengelegt werden? Inwieweit sollen – das ist ja eigentlich wissenschaftstypisch – die entsprechenden Erkenntnisse offengelegt werden? Und dazu schrieb jemand einen Brief und sagte: Das dürfen wir nicht machen, weil dadurch die Missbrauchsgefahr steigt.

Wie würden Sie sich dazu verhalten? Denn die Reaktion, die darauf kam, war sofort zu sagen: Nein, es muss dabei bleiben, dass Wissenschaft

transparent bleibt. Aber liegen unter dem Gesichtspunkt des Missbrauchs womöglich auch die Gefahren auf der Hand?

Katja Becker

In diesem konkreten Fall würde ich die Transparenz für wichtiger erachten als das Missbrauchsrisiko. Es gibt so viele Publikationen zu dem Thema, dass derjenige, der diese Technologie missbrauchen möchte, sie voraussichtlich auch missbrauchen kann. Ich würde mich einem Vorschlag anschließen, Forschungsregister öffentlich zu machen.

Das macht die DFG übrigens. Sie können die Titel jedes Projektes nachlesen, das bei der DFG läuft. Sie können über unseren Forschungsfinder sogar mit Keywords danach suchen. Das ist ganz wichtig, und ich denke, dass wir uns – Sie haben es schon angedeutet – in Deutschland in Bezug auf bottom-up und top-down ganz gut ergänzen: Die DFG macht mehr bottom-up, das BMBF gibt eher auch mal Programmausschreibungen vor, die auch sinnvoll sind, beispielsweise im Fall des Gene-Drives absolut angesagt sind. Von daher ergänzt sich das sehr gut.

Noch eine Anmerkung: Wir haben gerade aus dem Strategiefonds des Präsidiums – so etwas gibt es auch – Forschergruppen im Bereich Public Health etwas angeschoben, weil das ein Bereich ist, in dem diese Faktoren gut zusammenkommen.

Christoph Then

Die Pflicht zur Dokumentation der wissenschaftlichen Arbeit ist ganz entscheidend. Es müsste schon im Frühstadium der gentechnischen Experimente einsehbar sein, dokumentiert sein, was welches Labor macht, auch für den Fall, dass unbemerkt etwas in Verkehr gebracht wird, da-

mit man weiß, wonach man suchen soll. Das ist im Moment nicht immer gegeben.

Auch in der synthetischen Biologie hat man gesagt, man möchte gerne Einblick haben oder wenigstens eine Aufzeichnungspflicht für die Labors, was dort synthetisiert wird. Das sind alle Bereiche, die man regeln könnte, die bisher aber nicht geregelt worden sind, und es ist nicht verpflichtend. Es gibt eine Selbstverpflichtung in dem Bereich. Bei der Gensynthese in den Labors gibt es eine Selbstverpflichtung der Labors, soweit ich weiß, aber keine Aufzeichnungspflicht und keine Möglichkeit für die Behörden, einzusehen. In vielen anderen Bereichen der Entwicklung von gentechnisch veränderten Organismen ist das *confidential business information*; man möchte gar nicht genau sagen, an welchen Gensequenzen man forscht – das ist weniger diese Missbrauchsgeschichte, aber damit andere das nicht nachahmen können.

Da müsste man Mechanismen schaffen, dass es da eine saubere Aufzeichnungspflicht gibt und auch eine Einsehbarkeit für die Behörde, sodass man an der Stelle Mechanismen hat, um das zum Beispiel in der Umwelt wieder aufzuspüren. Das ist nicht immer gegeben. Soweit ich weiß, gibt es keine einfachen Möglichkeiten, das, was freigesetzt wird, auch in Freisetzungsversuchen, zu identifizieren. In der Vorstufe, wenn das im Labor ist und möglicherweise entkommt, ist das noch schwieriger. Die Dokumentationspflicht finde ich wichtig.

Dann war noch die Geschichte mit der ZKBS und dem Security-Menschen. Das finde ich ganz wichtig. Man sollte es in der ZKBS aber auch den Naturschutzverbänden gestatten, die Stelle, die für den Naturschutz vorgesehen ist, mit der Person oder den Experten zu besetzen, die von den Naturschutzverbänden vorgeschlagen wor-

den sind. Nicht einmal das ist derzeit in der ZKBS möglich.

Joachim Schiemann

Zur Frage Aufzeichnung und Kontrolle: Da alle Gene-Drive-Arbeiten und auch die daraus hervorgegangenen Produkte, also veränderten Organismen, unter das Gentechnikrecht fallen – im Rahmen des Gentechnikrechts müssen sämtliche Arbeiten aufgezeichnet werden, sowohl S1, aber S2 umso mehr.

Wir haben in unserem Institut zahlreiche Gentechniklabors der S1- und S2-Stufe; die werden regelmäßig von den entsprechenden Überwachungsbehörden kontrolliert. Dann lassen sich die Behördenvertreter die Laborbücher zeigen, tippen auf irgendeine Aufzeichnung und sagen: So, jetzt wollen wir den Organismus sehen. Und umgekehrt, sie gehen an die Kühlschränke, tippen auf ein bestimmtes Röhrchen und sagen: Was ist dadrin, wo ist das aufgezeichnet? Das ist streng kontrolliert in Deutschland, und ich denke auch europaweit.

Bei der Frage der Transparenz würde ich Ihnen zustimmen. Ich bin für Transparenz. Es gab Fälle, wo sich Zeitschriften geweigert haben, bestimmte Virussequenzen zu veröffentlichen, wenn es darum ging, ein Virus besonders scharf zu machen.

Aber natürlich hat die Münze zwei Seiten. Auf der einen Seite bin ich für volle Transparenz, auf der anderen Seite bekommen dadurch natürlich Leute, die Dual Use machen wollen, die Möglichkeit, diese Dinge stärker zu machen. Das ist klar. Das ist die negative Seite der Transparenz.

Zur Frage öffentliches Register. Wie gesagt, es muss alles aufgezeichnet werden. Wenn diese Dinge öffentlich sind, hat das wieder zwei Seiten. Ich denke an alle Feldversuche in Deutsch-

land mit gentechnisch veränderten Pflanzen, die zerstört wurden. Deshalb gibt es in Deutschland keine Freisetzungen mehr. Und ich denke an die Morddrohungen, die besonders an Kollegen geschickt wurden, die sich mit Fragen Glyphosat-Bewertung befasst haben. Das muss man auch von beiden Seiten sehen, wieweit da ein öffentliches Register, das allen zur Verfahren steht, sinnvoll ist oder nicht.

Herr NN

Ich wollte ansprechen, die internationale Ebene noch einmal in den Blick zu nehmen. Aber die Dual-Use-Erwähnung ruft hervor, dass ich ein Missbrauchspotenzial ansprechen möchte, dass es da durchaus etwas gibt, was sich darauf vorbereitet.

Ich weiß nicht, wie weit das bekannt ist: Vor wenigen Wochen hat es in Berlin eine Übung gegeben, wo ein Pesterreger-Terrorist simuliert wurde mit allen Implikationen. Von der GSG 9 bis zur Infektiologie der Charité waren alle involviert und haben durchgespielt, was in einem solchen Missbrauchsfall eigentlich passieren kann.

Da wünsche ich mir ein bisschen politische Unterstützung von der Bundesregierung, wie immer sie aussehen wird, und von der europäischen Ebene. In den Vereinten Nationen ist im Gange die Entwicklung eines Entwurfs für eine internationale Deklaration über Technikfolgenabschätzung. Ich weiß nicht, wieweit das überhaupt bekannt ist; ich wage hier einmal pro domo zu reden. Die internationale Zivilgesellschaft hat Alliierte unter gleichgesinnten Staaten gefunden, so dass das in den Vereinten Nationen, wenn ich richtig erinnere, in Bezug auf die Generalversammlung in Gang gekommen ist.

Steffen Augsberg

Vielen Dank, das nehme ich als Anregung auf.

Herr NN

Die Frage an das Podium wäre: Inwieweit sehen Sie es als sinnvoll, das auf der internationalen Ebene korrespondierend mit den anderen Ebenen bis zur nationalen parallel voranzutreiben und zu unterstützen?

Steffen Augsberg

Vielleicht nutzen wir die Gelegenheit für alle, sich kurz dazu zu verhalten oder zu sagen, was aus Ihrer Sicht eine wichtige Maßnahme wäre.

Christoph Then

Ich kenne das nicht und habe schon alles gesagt.

[ohne Mikro, unverständlich]

Steffen Augsberg

... ein kurzes Schluss-Statement?

Katja Becker

Die klügsten Köpfe wirken oft an der Front der Forschung mit und treiben diese in unserem Land voran. Dadurch kommen wir immer wieder in Neuland, das die Natur von sich aus so nicht oder zumindest nicht in dieser Geschwindigkeit betreten hätte. Mit Gene-Drives sehen wir uns genau in solch einer Situation. Es gelingt uns so gut wie nie, diese Entwicklung aufzuhalten, gerade wenn sie potenzielle oder nachweisbare Vorteile und Nutzen haben. Das ist immer so die Diskussion, in der wir uns bewegen.

Bislang ist es uns auch nicht gelungen, die menschliche Natur zu ändern, weder in Bezug auf die Innovationskraft und die Neugier (das wollen wir ja auch nicht) noch in Bezug auf das Streben nach Verbesserung, nach Optimierung und vielleicht auch nach Profit. Da sind die Übergänge wahrscheinlich fließend.

Von daher stimme ich Herrn Dabrock zu, der in seinem Eingangsstatement von Realbedingungen gesprochen hat. Ich glaube, Gene-Drive ist inzwischen eine Realbedingung. Die Frage ist nicht mehr: Gene-Drive, ja oder nein? Gene-Drive gibt es, Gene-Drive wird verwendet werden, vielleicht bereits jetzt, wir wissen es nicht genau. Wir können deswegen nur versuchen, damit so verantwortungsvoll wie möglich umzugehen und die Bedingungen dafür so sinnvoll wie möglich zu gestalten.

Steffen Augsberg

Vielen Dank. Wenn die Herren damit einverstanden sind, nehmen wir das als ein wunderbares Schlusswort. Die Fragen konnten nicht alle geklärt werden, aber ich danke Ihnen, dass Sie an dieser Diskussion teilgenommen haben.

Schlusswort

Peter Dabrock · Vorsitzender des Deutschen Ethikrates

Meine Damen und Herren, ein ziemlich langer Tag liegt hinter uns zu einer Debatte, zu der ich am Ende sagen muss: Ja, es ist ein wichtiges Thema und es ist gut, dass wir uns dem Thema hier in Frankfurt zugewandt haben.

Unter den zahlreichen Tweets, die heute gepostet worden sind, gab es einen, der die Frage stellte: Kommt die Gene-Drive-Debatte nicht zu früh? Man könnte auch fragen: Oder kommt sie zu spät? Jedenfalls glaube ich – das hat der heutige Tag gezeigt –, dass sie, um zwei Worte von Frau Eser aufzugreifen, geeignet und erforderlich ist, aber auch opportun. Sie ist insofern opportun, weil tatsächlich noch nicht Fakten so gesetzt worden sind, dass es zu Freisetzungen gekommen ist, weil noch geforscht wird und deswegen

die Öffentlichkeit noch die Möglichkeit hat, mitzudiskutieren.

Das gibt mir neben der Beantwortung der ersten Frage (ist die Debatte zu früh oder zu spät?) die Gelegenheit, noch auf einige Punkte hinzuweisen.

Erstens das, was Frau Becker gesagt hat: Forschung dazu ist erforderlich, interdisziplinär, international und auch hinsichtlich eines realistischen Vision Assessments, dass man sich also nicht von utopischen Szenarien in die eine oder in die andere Richtung bannen lässt. Dazu zählt auch – das war ein wichtiger Punkt an diesem Tag – wahrzunehmen, dass die Öffentlichkeit einbezogen werden muss, um Aushandlungs- und Entscheidungsräume zu identifizieren.

Dann will ich noch einen weiteren Punkt unter dem Gesichtspunkt von Öffentlichkeit und Öffentlichkeiten aufgreifen: Das müssen (und dafür stehen wir auch und müssen wir auch eine Wächterfunktion haben) zivilisierte Diskurse sein gegenüber manchem, was derzeit stattfindet.

Dann mit Blick auf das, was als Mindestbedingungen diskursstrategischer Art zu beachten ist, ohne dass ich in inhaltliche Kriterien gehe: Es muss ein Multiakteurs-, ein multidimensionaler, internationaler Governance-Ansatz gefunden werden, in dem nach Eingriffstiefe, nach Forschungsfreisetzungslevel, nach Reversibilitätsmöglichkeiten unterschieden wird, in dem nicht nur bottom-up gearbeitet werden muss. Das auch, das haben wir im Ethikrat bei der Stellungnahme zur Biosicherheit auch vorgeschlagen: Es ist wichtig, auch bottom-up zu arbeiten, die Forschenden mitzunehmen. Aber es muss auch geschaut werden, dass man auf einer möglichst breiten, möglichst internationalen Ebene einheitliche Standards und Regulierungsstandards fin-

det und dabei auch Dokumentationsverfahren zur Herstellung von Transparenz entwickelt.

Wenn ich das alles berücksichtige, ohne die noch offenen inhaltlichen, normativen und Deutungskriterien zu benennen, dann habe ich den Eindruck, dass wir an diesem intensiven Tag eine Menge dazu beigetragen haben, um das Level des Weiter-Debattierens in dieser wichtigen Fragestellung für uns und hoffentlich auch für andere zu heben.

Das konnten wir, weil – ich habe es am Anfang schon angesprochen und mich dafür bedankt, aber kann es am Ende des Tages, nachdem die Arbeit vollbracht ist, noch einmal ausdrücklich tun und den Dank ausrichten an die Expertinnen und Experten für die dichten, gut verständlichen und auf Kommunikation angelegten Beiträge. Das war ganz wichtig für diese Tagung zu diesem wichtigen Thema.

Ich danke denjenigen, die in einer bewundernswerten Kunstfertigkeit die Simultanmitschrift vollbracht haben. Vielen Dank, dass Sie über den ganzen Tag diese Fleißarbeit und Konzentrationsarbeit geleistet haben.

Dass hier wieder alles so reibungslos funktioniert hat, ist nicht selbstverständlich angesichts dessen, dass die Geschäftsstelle des Deutschen Ethikrates in Berlin sitzt und dass hier quasi das mobile Inventar der Geschäftsstelle – die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter – alle mitgekommen sind, so fleißig im Hintergrund gearbeitet haben und uns hier wieder ein perfektes Ambiente geboten haben. Aber auch im Blick auf die Vorbereitung der Tagung, diesmal bei Herrn Galert, möchte ich den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Geschäftsstelle herzlich danken.

Lassen Sie mich am Ende noch einmal sagen: Sie haben alle das wunderbare koschere Essen

genossen und in der jüdischen Gemeinde die konzentrierte gemeinsame Zeit erlebt – man sieht es mit Bedrückung, dass eine so wunderbare, mit Gastfreundschaft sich offen gebende Gemeinde so viele Sicherheitsmaßnahmen durchführen muss, damit man hier tagen kann. Dass es hoffentlich trotz des unglückseligen Klimas, was wir verstärkt wieder in dieser Gesellschaft haben, so werden möge, dass das demnächst nicht mehr nötig ist, dass man nicht solche Sicherheitsmaßnahmen durchführen muss, wenn man in eine jüdische Einrichtung geht, das wünsche ich der Jüdischen Gemeinde, aber auch unserem Gemeinwesen.

Der letzte Dank gilt Ihnen, meine Damen und Herren, die Sie so konzentriert die Debatte verfolgt haben, wie Sie sich eingebracht haben mit Fragen, wie Sie vielleicht das hier Mitgenommene in Ihren Kreisen zuhause weiterdebattieren und weitertragen, sei es vor Ort, sei es virtuell im Internet.

Wenn diese Veranstaltung dazu beiträgt, dass dieses Thema öffentlicher wird, dass die Zivilgesellschaft eingebunden wird, dann haben wir etwas Wichtiges erreicht, aber es gibt noch viel zu tun. Es könnte immer alles so einfach sein. Das ist es nicht und deswegen lassen Sie uns weiter daran arbeiten.

Ihnen einen schönen Abend und eine gute Reise nach Hause.