Forschungsberichte der interdisziplinären Arbeitsgruppen
der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Vierter Gentechnologiebericht

Bilanzierung einer Hochtechnologie

Herausgegeben von
Ferdinand Hucho | Julia Diekämper | Heiner Fangerau | Boris Fehse
Jürgen Hampel | Kristian Köchy | Sabine Könninger | Lilian Marx-Stölting
Bernd Müller-Röber | Jens Reich | Hannah Schickl | Jochen Taupitz
Jörn Walter | Martin Zenke | Martin Korte (Sprecher)

Nomos

berlin-brandenburgische
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Forschungsberichte der interdisziplinären Arbeitsgruppen
der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Vierter Gentechnologiebericht

Bilanzierung einer Hochtechnologie

Herausgegeben von
Ferdinand Hucho | Julia Diekämper | Heiner Fangerau | Boris Fehse
Jürgen Hampel | Kristian Köchy | Sabine Könninger | Lilian Marx-Stölting
Bernd Müller-Röber | Jens Reich | Hannah Schickl | Jochen Taupitz
Jörn Walter | Martin Zenke | Martin Korte (Sprecher)

Nomos

berlin-brandenburgische
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Diese Publikation erscheint mit Unterstützung des Regierenden Bürgermeisters von Berlin. Senatskanzlei – Wissenschaft und Forschung und des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg.

Interdisziplinäre Arbeitsgruppen
Forschungsberichte, Band 40

Herausgegeben von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISBN 978-3-8487-5183-9 (Print)
ISBN 978-3-8452-9379-0 (ePDF)

1. Auflage 2018
© Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 2018. Printed in Germany. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Vorwort

Gentechnologiemethoden, oder besser spricht man hier sogar von Gentechnologien, sind nicht nur für verschiedenste Zweige der Biologie, Biomedizin und Biotechnologie von großer wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Bedeutung, sondern auch für die öffentliche Diskussion gesellschaftlicher Konsequenzen. Dies spiegelt sich auch in den anhaltenden Debatten der Geistes-, Rechts- und Gesellschaftswissenschaften um die normativen Implikationen wie die ethische und rechtliche Zulässigkeit oder die gesellschaftspolitische Relevanz.

Die Entwicklung der Gentechnologie und ihre über die Wissenschaft hinausreichende Relevanz für die Gesellschaft zu beobachten und zu begleiten, ist Aufgabe der interdisziplinären Arbeitsgruppe (IAG) *Gentechnologiebericht* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW). Seit 2005 publiziert das von Ferdinand Hucho 2001 initiierte Monitoringprojekt regelmäßig Berichte über die unterschiedlichen Gentechnologien in Deutschland. Mit ihren systematischen Arbeiten will die IAG zu mehr Transparenz für einen objektivierten öffentlichen Diskurs beitragen und versteht sich insofern als Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit.

Mit dem vorliegenden vierten Gentechnologiebericht zieht die IAG Bilanz. Wie haben sich die Gentechnologien und die mit ihr verbundenen ethischen und rechtlichen Debatten in den vergangenen knapp 20 Jahren Laufzeit der IAG entwickelt? Und wie wird diese Entwicklung voraussichtlich weitergehen? Die Entwicklungen der unterschiedlichen Bereiche der Gentechnologie seit 2001 werden außerdem anhand von Problemfeldern und Indikatoren vergleichend nebeneinandergestellt.

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Herausgeber und Herausgeberinnen oder der Arbeitsgruppe wieder. Die IAG verantwortet jedoch gemeinsam das Kapitel „Handlungsempfehlungen zu den Themenfeldern der IAG“. Die darin vorgestellten Handlungsempfehlungen stellen die Meinung der IAG dar,

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

die nicht notwendigerweise von allen Mitgliedern der BBAW vertreten wird; die Akademie steht jedoch hinter der Qualität der geleisteten Arbeit.

Ein herzlicher Dank gebührt allen Mitwirkenden an diesem bilanzierenden Bericht, insbesondere den Autoren und Autorinnen, aber auch dem Nomos Verlag für Satz und Druck und hier besonders Kristina Stoll und Martin Reichinger für die gute Zusammenarbeit.

Die IAG dankt der BBAW für die langjährige Förderung. Dank gebührt auch den vielen Wegbegleitern, Mitgliedern, Autoren und Autorinnen, Referenten und Referentinnen. Ein besonderer Dank gilt Ferdinand Hucho, dem Gründer der IAG, Günter Stock, der die IAG von Anfang an bis heute begleitet und unterstützt hat, und dem aktuellen Präsidenten der BBAW, Martin Grötschel, der tatkräftig geholfen hat, dass diese IAG auch weiterhin sichtbar und arbeitsfähig bleiben wird.

Der Geschäftsstelle der IAG *Gentechnologiebericht* einen ganz besonderen Dank für die hoch professionelle, effiziente und fachkundige Begleitung dieses langjährigen Vorhabens der BBAW.

Martin Korte
Sprecher der interdisziplinären Arbeitsgruppe *Gentechnologiebericht* der
Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften
Braunschweig, im Juni 2018

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Inhalt

Lilian Marx-Stölting und Hannah Schickl
Zusammenfassung 13

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht
Kurzfassung der Handlungsempfehlungen der IAG *Gentechnologiebericht* 33

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht
Handlungsempfehlungen zu den Themenfeldern der IAG *Gentechnologiebericht* 37

Martin Korte, Ferdinand Hucho, Bernd Müller-Röber, Hannah Schickl, Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger
1. Einleitung 61
1.1 Gentechnologien damals, heute und morgen 61
1.2 Die Arbeitsweise der IAG 62
1.3 Struktur und Methodik des vierten Berichts 65
1.4 Ausblick 66
1.5 Literatur 68

Teil I: Bilanz der Gentechnologie 2001–2018: Eine Rückschau 69

Heiner Fangerau
2. Zur Geschichte der Gentechnologie: Eine historische Vermessung 71
2.1 Züchtung und „technische Biologie“ 71
2.2 Heutiges Bio- und Gentechnikverständnis 72
2.3 Gentechnologie seit den 1970er Jahren 73
2.4 Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit 77
2.5 Entwicklungen in den 1990er Jahren 79

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

2.6 Jüngste Entwicklungen 81
2.7 Fazit 82
2.8 Literatur 84

Günter Stock

3. Der Weg zu einer molekularen, stratifizierten, personalen Medizin. Eine Perspektive aus Sicht der (Berliner) Biotechindustrie 89
3.1 Die Anfänge der biotechnologischen Industrie 89
3.2 Erste Versuche zur Gentherapie bei der Schering AG 96
3.3 Gegenwärtiger Stand der Entwicklung von Biopharmazeutika 98
3.4 Schlussbemerkung 99
3.5 Literatur 100
3.6 Anhang: Laureaten des Ernst-Schering-Preises 101

Dirk Lanzerath

4. Ethische Kriterien und Argumente im Wandel der Zeit 103
4.1 Einführung 103
4.2 Verhältnis von Mensch, Technik und Natur 105
4.3 Kriterien in Natur- und Umweltethik 106
4.4 Zuträglichkeiten und Verträglichkeiten: Ziele, Mittel und Güter 111
4.5 Lebensmittel als Teil von Kultur und Lebensform 114
4.6 Transgene Tiere: Herausforderung an Tierschutz und Tierwohl 117
4.7 Gentherapien 119
4.8 Schlussbemerkung 123
4.9 Literatur 125

Jochen Taupitz

5. Regulierung der Gentechnologie: Wie, wann, wie viel? 129
5.1 Einleitung 129
5.2 Kernthese: Es gibt nicht das (allein) richtige Maß an rechtlicher Regulierung der Gentechnologie 130
5.3 Zum „falschen Maß“ an rechtlicher Regulierung 144
5.4 Die Forderung nach international einheitlichen Regelungen 146
5.5 Schlussfolgerung 150
5.6 Literatur 151

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Gen-ethisches Netzwerk
Spotlight 1: Die Vertrauenskrise der Wissenschaft 153

Teil II: Die Debatte um die Gentechnologie 159

Ortwin Renn
6. Gentechnik als Symbol: Zur Risikowahrnehmung der grünen Gentechnik ... 161
6.1 Einleitung 161
6.2 Einstellungen zur grünen Gentechnik 162
6.3 Gründe für die ablehnende Haltung 165
6.4 Umgang mit der Gentechnikdebatte 168
6.5 Schluss 170
6.6 Literatur 171

Julia Diekämper, Lilian Marx-Stölting und Steffen Albrecht
7. Alles im grünen Bereich? Wissenschaftskommunikation im Zeitalter von grüner Gentechnologie und Genome-Editing 173
7.1 Gentechnologie im Spannungsfeld von engagierter Beachtung und distanzierter Betrachtung 173
7.2 Anspruch und Rolle der Kommunikation über Wissenschaft 176
7.3 Das Kommunizieren der grünen Gentechnologie 178
7.4 Neue Technologie – neues Spiel? Berichten über Genome-Editing 184
7.5 Genome-Editing kommunizieren? Vom Bemühen um Öffentlichkeit zur Offenheit für gesellschaftliche Interessen 190
7.6 Literatur 194

Sigrid Graumann
Spotlight 2: Genome-Editing der menschlichen Keimbahn aus der Perspektive von Menschen mit Behinderung 199

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Teil III: Wie geht es weiter? Zur Zukunft der Gentechnologie 203

Boris Fehse, Nediljko Budisa, Jens Reich, Bernd Müller-Röber und Jörn Walter

8. Blick zurück und nach vorne: Entwicklung und aktuelle Herausforderungen in verschiedenen Kernbereichen der Gentechnologie 205
   - 8.1 Einführung 205
   - 8.2 Funktionelle Genomforschung – Perspektiven für die personalisierte Medizin (Jörn Walter) 206
   - 8.3 „Rote Gentechnologie" – Nachhaltiges Comeback der Gentherapie?! (Boris Fehse) 210
   - 8.4 „Grüne Gentechnologie" – Weiterhin ein schwieriges Terrain in Deutschland (Bernd Müller-Röber) 215
   - 8.5 Synthetische Biologie: Grundlegende Konzepte und Anforderungen für die Gestaltung eines künstlichen Biocontainment-Systems (Nediljko Budisa) 221
   - 8.6 Was kann Gentechnik, was darf Gentechnik? Ein gesellschaftlicher Blick auf die Gentechnologien (Jens Reich) 229
   - 8.7 Literatur 231

Dieter Birnbacher

9. Gentechnisches Enhancement 237
   - 9.1 Enhancement: Begriff 237
   - 9.2 Enhancement: Bewertung 238
   - 9.3 Ethische Risiken des gentechnischen Enhancements 240
   - 9.4 Literatur 249

Armin Grunwald und Arnold Sauter

10. Technikfolgenabschätzung zukünftiger Bio- und Gentechnologien: Visionen und Partizipation 251
   - 10.1 Einführung und Überblick 251
   - 10.2 Technikfolgenabschätzung als wissenschaftliche Politik- und Gesellschaftsberatung 252
   - 10.3 TA in Frühstadien möglicher zukünftiger Bio- und Gentechnologien .. 256
   - 10.4 Orientierung durch TA in frühen Entwicklungsstadien 264
   - 10.5 Ausblick 267
   - 10.6 Literatur 268

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Sascha Karberg
Spotlight 3: Gentechnologie für alle 271

Teil IV: Problemfelder und Indikatoren 277

Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger
11. Problemfelder der Gentechnologien gestern und heute 279
11.1 Einführung: Motivation und Zielsetzung 279
11.2 Problemfelder im Kontext der Gentechnologien 280
11.3 Problemfeldbeschreibung 283
11.4 Literatur 296

Lilian Marx-Stölting, Sabine Könninger, Yaroslav Koshelev und Alina Chlebowska
12. Ausgewählte Indikatoren zu den unterschiedlichen Gentechnologien 299
12.1 Einführung 299
12.2 Die Indikatorenanalyse 300
12.3 Daten zu den Problemfeldern 303
12.4 Zusammenfassung der Indikatoren für die einzelnen Themenbereiche 329
12.5 Die Themenbereiche in der Gesamtschau 336
12.6 Literatur 340

Jürgen Hampel
Spotlight 4: Veränderungen bei der Erhebung von Einstellungen zur Gentechnik. Biotechnologie in der europäischen Survey-Forschung ... 341

Teil V: Bilanz der Arbeit der IAG 347

Sabine Könninger
13. Ein Monitoring monitoren – die IAG *Gentechnologiebericht* in der Wahrnehmung der medialen Öffentlichkeit 349
13.1 Die Problemfeldanalyse – Perspektivwechsel und Modifikationen 352
13.2 Das Textkorpus 355
13.3 Das Medienecho: ein erster Überblick 356
13.4 Von *Abendblatt* bis *Die Zeit*: Wer wurde erreicht? 358

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

13.5 Die mediale Deutung der IAG: An der Schnittstelle von Wissenschaft, Politik und Medizin 361
13.6 Die IAG in der medialen Wahrnehmung: In welchen Problemfeldern ist die IAG verortet? 362
13.7 Ein fragmentarischer Gang durch die Problemfelder 362
13.8 Fazit zur medialen Wahrnehmung und Reflexionen zur Problemfeldanalyse der IAG 366
13.9 Literatur 368

Ferdinand Hucho
Spotlight 5: Schlussbemerkungen: Asilomar und die Folgen 377

14. Anhang 381
14.1 Abbildungen und Tabellen 381
14.2 Autoren und Autorinnen, Herausgeber und Herausgeberinnen 384
14.3 Mitglieder und Mitarbeiterinnen der IAG *Gentechnologiebericht* 386
14.4 Übersicht der Publikationen der IAG *Gentechnologiebericht* 387
14.5 Übersicht der Veranstaltungen der IAG *Gentechnologiebericht* 390

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Lilian Marx-Stölting und Hannah Schickl

Zusammenfassung

Die IAG *Gentechnologiebericht* zieht nach knapp zwanzig Jahren Laufzeit Bilanz. Vor diesem Hintergrund nimmt der vorliegende vierte Gentechnologiebericht nicht bestimmte Gentechnologien unter die Lupe, sondern untersucht den jeweiligen Themenbereichen gemeinsame, übergeordnete historische, sozialwissenschaftliche, ethische und rechtliche Fragestellungen und veranschaulicht diese jeweils an bestimmten Themenbereichen. Der Bilanzierungsband ist thematisch in fünf Teile gegliedert:

- Er nimmt eine rückblickende Perspektive auf die Entwicklung der Gentechnologie wie auch der mit ihr verbundenen ethischen Argumente und ihrer rechtlichen Regulierung ein (Teil I),
- stellt die aktuelle Debatte um die Gentechnologie und ihre Kommunikation dar (Teil II)
- und gewährt einen Ausblick auf die weitere Entwicklung der Gentechnologie (Teil III). Durch diese Untergliederung soll der Komplexität der Gentechnologien sowohl in synchroner als auch in diachroner Hinsicht Rechnung getragen werden.
- Diese bilanzierende Sicht durch Zahlen ergänzend werden die sechs Kernthemen der IAG (Stammzellforschung, Gentherapie, Gendiagnostik, Epigenetik, grüne Gentechnologie und synthetische Biologie) anhand von acht Indikatoren in ihrer Entwicklung seit der Gründung der IAG nachgezeichnet und erstmalig vergleichend nebeneinandergestellt (Teil IV).
- Abschließend wird zudem die Arbeit der IAG einer Bilanz unterzogen (Teil V). Dabei dient die durch die IAG entwickelte, sozialwissenschaftlich motivierte Problemfeldanalyse als Mittel, um die Wahrnehmung der IAG in der medialen Öffentlichkeit zu untersuchen.

Die fünf Teile sind darüber hinaus unterteilt durch sogenannte „Spotlights“, in denen zum Teil langjährige Weggefährten und -gefährtinnen der IAG eine andere bezie-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

hungsweise kritische Sicht auf die Entwicklung und Zukunft der Gentechnologie und die aktuelle Debatte um die Gentechnologie miteinbringen oder auch über die bisherige Arbeit der IAG und die genutzten Methoden reflektieren.

Der erste, rückblickende Teil des Bilanzierungsbandes stellt zunächst die historische Entwicklung der Gentechnologie mit Blick sowohl auf die Forschung (Fangerau) als auch auf die Biotech-/Pharmaindustrie (Stock) dar. Anschließend wird auch die Entwicklung ethischer Kriterien und Argumente in Bezug auf Gentechnologien in den Blick genommen (Lanzerath) und über das richtige beziehungsweise falsche Maß an Regulierung von Gentechnologie reflektiert (Taupitz). Das Spotlight des Gen-ethischen Netzwerks ergänzt eine kritische Sicht auf die Gentechnologie am Beispiel der Vertrauenskrise der Öffentlichkeit in die Wissenschaft.

Der zweite Teil behandelt aktuelle Debatten um die Gentechnologien am Beispiel der grünen Gentechnologie und des Genome-Editings. Ausgehend von der gesteigerten Risikowahrnehmung der grünen Gentechnologie in der Bevölkerung (Renn) werden die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Wissenschaftskommunikation in Bezug auf die neue Technik des Genome-Editings thematisiert (Diekämper, Marx-Stölting und Albrecht). Das Spotlight von Graumann nimmt ergänzend die kritische Perspektive von Menschen mit Behinderung auf die mögliche Anwendung des Genome-Editings in der menschlichen Keimbahn ein.

Anhand aktueller Entwicklungen innerhalb der „grünen" und „roten" Gentechnologie, Gendiagnostik und synthetischen Biologie identifiziert der dritte, ausblickende Teil zunächst sich daraus ableitende zukünftige naturwissenschaftliche wie auch gesellschaftliche Herausforderungen (Fehse, Budisa, Müller-Röber, Reich und Walter). Insbesondere die aktuelle Entwicklung des Genome-Editings aufgreifend wird im Anschluss die Herausforderung einer ethischen Bewertung eines möglichen zukünftigen gentechnischen Enhancements untersucht (Birnbacher). Anhand des Beispiels der synthetischen Biologie werden abschließend die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen und Möglichkeiten der Orientierung durch die Technikfolgenabschätzung diskutiert (Grunwald und Sauter). Das Spotlight plädiert für mehr Vertrauen in die Do-it-yourself-Bewegung und greift damit einen neuen und zunehmend relevant werdenden Trend innerhalb der Gentechnologie auf (Karberg).

Auch im vierten Gentechnologiebericht werden Problemfelder und Indikatoren zur Beschreibung der Entwicklung der Gentechnologien präsentiert. Im Unterschied zu den bisher publizierten Problemfeldübersichten wurde für den vorliegenden Bilanzierungsband eine themenübergreifende Zusammenschau erstellt, die alle bislang von der IAG identifizierten Problemfelder zu den sechs Kernthemen beinhaltet (Marx-Stölting und Könninger). Auch die Indikatoren wurden erstmals für alle sechs Kernthemen der

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

IAG und für den gesamten Zeitraum der bisherigen Laufzeit der IAG erhoben. Um sie miteinander vergleichen zu können, wurden aus der Vielzahl der im Laufe der Jahre zu den einzelnen Themenbereichen erhobenen Indikatoren diejenigen ausgewählt, die sich gut fortschreiben und für alle Themenbereiche erheben ließen (Marx-Stölting, Könninger, Chlebowska und Koshelev). Das anschließende Spotlight reflektiert über die Entwicklung sozialwissenschaftlicher Erhebungen zur Akzeptanz der Gentechnologie in der Bevölkerung und damit verbundenen Chancen (Hampel).

Der fünfte Teil des Berichts ist der Bilanzierung der Arbeit der IAG gewidmet. Hierzu wird der Blick sowohl auf die IAG und ihre Wahrnehmung in der medialen Öffentlichkeit gerichtet als auch die von der IAG genutzten Monitoringmethoden kritisch reflektiert (Könninger). Das den Bilanzierungsband abschließende Spotlight resümiert aus der persönlichen Sicht des Initiators und Gründers der IAG über die vergangenen knapp 20 Jahre Arbeit der IAG und deren Bedeutung für die Zukunft (Hucho).
Inhaltliche Zusammenfassung der einzelnen Kapitel:

Teil I: Bilanz der Gentechnologie 2001–2018: Eine Rückschau

Kapitel 1: Einleitung (Martin Korte, Ferdinand Hucho, Bernd Müller-Röber, Hannah Schickl, Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger)

Die Gentechnologien gehören nach wie vor zu den gesellschaftlich umstrittensten Anwendungen der modernen Biotechnologie. Das Einleitungskapitel führt ins Thema ein, stellt die Arbeitsweise der IAG sowie die Struktur und Methodik des vierten Berichts vor und schließt mit einem Ausblick auf die weitere Arbeit der IAG. Zum Abschluss des letzten durch die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften finanzierten Moduls ist der vierte Gentechnologiebericht als Bilanzierungsband konzipiert. Er ist dabei auch ein Observatorium, um auszuleuchten, wie eine weitere Bearbeitung der sich aktuell abzeichnenden Herausforderungen zu den Gentechnologien zukünftig ebenso kritisch wie multidimensional erfolgen kann.

Kapitel 2: Zur Geschichte der Gentechnologie: Eine historische Vermessung (Heiner Fangerau)

Der Beitrag von Heiner Fangerau fasst die Geschichte der Gentechnologie von ihren Anfängen, die bereits in der klassischen Züchtung von Pflanzen und Tieren wurzeln, bis hin zur jüngsten Entwicklung innerhalb der Genomeditierung (CRISPR) schlaglichtartig

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

zusammen. Dabei wird auch die öffentliche Debatte um diese Technologien mit berücksichtigt. Schon die (auch wirtschaftliche) Nutzung von Lebensformen wie Hefepilzen zur gezielten technischen Erzeugung von Alkohol wurde um 1900 als „technische Biologie" aufgefasst. Vorbilder für die Biologie waren um die Jahrhundertwende die organische Chemie, die Physik und die Ingenieurwissenschaften. Lebensvorgänge sollten dabei in ihre kleinsten Einzelteile aufgegliedert werden, um dann Leben mit diesen Bausteinen gezielt beeinflussen zu können. Zur Ausprägung des Gentechnologiebegriffs in unserem heutigen Verständnis bedurfte es allerdings zunächst erstens eines bestimmten Genbegriffs, zweitens der Rückführung der Gene auf ihre chemische Struktur und drittens der Möglichkeit, diese Struktur gezielt zu modifizieren. Die Entdeckung der Desoxyribonukleinsäure (DNS) und die Entschlüsselung des genetischen Codes waren hierfür zentral. Seit den 1970er Jahren sorgte dann die Entdeckung von Enzymen, die DNS schneiden (Restriktionsenzyme) und wieder zusammenfügen können (Ligasen), für neue Rekombinationsmöglichkeiten. Das große Potenzial dieser Entwicklung führte zu gesellschaftlichen, aber auch innerwissenschaftlichen Diskussionen um die damit einhergehenden Risiken und Forderungen nach einem zeitlich befristeten Forschungsstopp (Moratorium). Im öffentlichen Diskurs herrschten Sorgen vor der Entwicklung von biologischen Waffen, der Zerstörung der Natur sowie der Verbreitung neuer synthetischer Krankheiten vor. Gleichzeitig wurde die Gentechnologie auch zu einem wichtigen Wirtschaftsfaktor. Die wirtschaftlichen und politischen Interessen stießen jedoch in den späten 1980er Jahren weiter auf Sicherheitsbedenken und gesellschaftliche Skepsis, insbesondere in Europa und Deutschland. Die Entwicklung in den 1990er Jahren erschloss auf der technischen Seite immer weitere Möglichkeiten der künstlichen Gestaltung von Leben auf molekularer Ebene. Auf der politischen Seite wurden pragmatische Lösungen und Kompromisse herausgearbeitet, um sowohl Anwendungsinteressen als auch gesellschaftlichen Bedenken zu begegnen. Die Spannung zwischen der Freiheit der Forschung, dem Wunsch nach der Nutzung der positiven Effekte und gleichzeitig dem Schutz vor negativen Folgen bleiben dabei weiterhin als Trilemma bestehen.

Kapitel 3: Der Weg zu einer molekularen, stratifizierten, personalen Medizin. Eine Perspektive aus Sicht der (Berliner) Biotechindustrie (Günter Stock)

Zur Geschichte der Gentechnologie gehört auch die Geschichte ihrer wirtschaftlichen Verwertung und die Entstehung einer völlig neuen Industrie, der Biotechnologie-Industrie. In Deutschland ist der Anteil der Biopharmazeutika bei Neuzulassungen von Medikamenten inzwischen auf 37 % angestiegen. Sie werden insbesondere in der Onkologie und Immunologie eingesetzt. Günter Stock, ehemaliges Vorstandsmitglied des

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

deutschen Pharma-Unternehmens Schering AG, rekapituliert in seinem Beitrag wesentliche Schritte auf dem Weg hin zu Gentherapie und einer personalisierten (bzw. genauer: stratifizierten) Medizin,[1] mit besonderem Fokus auf die Berliner Biotech-Landschaft und der hier sehr aktiven Firma Schering, die das Thema Biotechnologie seit 1972 bearbeitet hat. Die Gentherapie ist dabei ein Lehrstück für neue Hoffnungen, große Enttäuschungen und den langen Weg, den Erfolg versprechende Erkenntnisse bis hin zur klinischen Anwendung zurücklegen müssen. Sowohl in der Gentherapie als auch bei der personalisierten Medizin kann heute von einer für den medizinischen Fortschritt umwälzenden Entwicklung gesprochen werden. Eine wirklich spannende Zeit und Umsetzung der neuen Erkenntnisse in die klinische Praxis liegt dabei erst noch vor uns. Vor diesem Hintergrund wird rückblickend davor gewarnt, den Fehler aus den 2000er Jahren zu wiederholen, die Zeitdimension falsch einzuschätzen und Versprechungen zu machen, die nicht oder erst sehr viel später eingelöst werden können.

Kapitel 4: Ethische Kriterien und Argumente im Wandel der Zeit (Dirk Lanzerath)

Eine Ethik, die sich mit den Anwendungen der modernen Bio- und Gentechnologie befasst, muss die Mittel und Ziele einer Technik analysieren und zu den Werten und moralischen Prinzipien der Gesellschaft, in der sie eingesetzt wird, in ein Verhältnis setzen. Bei der Analyse von Handlungs- und Beweggründen geht die (Bio- oder Gen-)Ethik weit über eine reine Risikobewertung hinaus. Es geht darüber hinaus um Fragen der menschlichen Gesundheit, des sozialen Miteinanders und das grundsätzliche normative Verhältnis von Mensch und Natur und insbesondere das Verhältnis zu Tieren. Das Kapitel von Dirk Lanzerath unterscheidet in einer Analyse ethischer Herausforderungen für die Biotechnik verschiedene Problemfelder, anhand derer ethische Kriterien zur Prüfung von Handlungsmöglichkeiten entwickelt werden. In Bezug auf das Verhältnis des Menschen und seiner Technik zur Natur kann man zur normativen Bewertung von Technologien etwa zurückgreifen auf Bewertungskriterien der Natur- und Umweltethik. Dabei zeigt sich auch der Wandel normativer Einstellungen über die Zeit. Im Bereich der grünen Gentechnologie stellt sich zum Beispiel die anthropologisch-ethische Frage nach der kulturellen Rolle von Lebensmitteln in einer Gesellschaft wie auch nach der Wandelbarkeit dieser Rolle. Während frühere Debatten um die grüne Gentechnologie noch durch deren Risiken geprägt waren, hängt die normative Bewertung heute auch von der

1 Günter Stock weist darauf hin, dass der übliche Begriff der „personalisierten Medizin" für die hier beschriebene Einordnung von Patienten in bestimmte Patientengruppen, die unterschiedlich gut auf ein Medikament ansprechen, eigentlich irreführend ist und daher besser von „stratifizierter Medizin" gesprochen werden sollte.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Frage ab, ob die Gentechnik Entscheidendes zu einer *nachhaltigen* Landwirtschaft beitragen kann oder unter Umständen genau das Gegenteil erreicht. Bei der Bewertung der roten Gentechnologie ist neben dem Wohl des Menschen und der Gesellschaft auch das Tierwohl zu beachten. Insbesondere transgene Tiere stellen dabei eine große Herausforderung für Tierschutz und Tierwohl dar. Die zunehmende Technisierung unserer Lebensbereiche durch die Gentechnologie stellt jedoch eher einen quantitativen als einen qualitativen Schritt dar. Auch der konventionelle Umgang mit der Natur und Tieren in Medizin und Landwirtschaft ist zu kritisieren. Gen- und biotechnologische Verfahren werden sich aus ethischer Perspektive letztlich daran messen lassen müssen, ob sie die Lebensmittelqualität und das Tierwohl gleichermaßen befördern können.

Kapitel 5: Regulierung der Gentechnologie: Wie, wann, wie viel? (Jochen Taupitz)

Im Beitrag von Jochen Taupitz wird am Beispiel der Gentechnologie die Frage untersucht, von welchen Faktoren eine „gute" Gesetzgebung abhängt. Gerade im Bereich der sich schnell entwickelnden Gentechnologien entstehen besondere Herausforderungen an das Recht, dem oft vorgeworfen wird, der Entwicklung hinterherzuhinken. Die Kernthese lautet dabei, dass es kein allein „richtiges Maß" an rechtlicher Regulierung der Gentechnologien gibt. Dafür sprechen sowohl die grundsätzliche Vielfalt rechtlicher Instrumente und deren Regelungsdichte, die unterschiedlichen möglichen Inhalte und Regelungsobjekte als auch die Bedeutung des jeweiligen Zeitpunkts und politischen Umfelds für das Recht. Konkreter als „das richtige Maß" kann dagegen „das falsche Maß" an rechtlicher Regulierung bestimmt werden. Dazu gehören etwa die fehlende Befolgung verfassungsrechtlicher Vorgaben, unzureichende empirische Grundlagen befürchteter Gefahren, die Widersprüchlichkeit einer gesetzlichen Regelung, ein unzureichender Ausgleich gegenläufiger Interessen beziehungsweise die Unverhältnismäßigkeit einer Freiheitsbeschränkung. „Das richtige Maß" an rechtlicher Regulierung der Lebenswissenschaften und ihrer Anwendung muss jeweils im Einzelfall erarbeitet und vor dem Hintergrund neuer Gesichtspunkte auch überdacht werden. Obwohl ein demokratischer Prozess verlangt, dass alle relevanten gesellschaftlichen, ideologischen, moralischen und religiösen Positionen miteinbezogen werden, markiert das Recht dennoch nur „das ethische Minimum". Daraus folgt im freiheitlichen Rechtsstaat des Grundgesetzes: „In dubio pro libertate".

Spotlight 1: Die Vertrauenskrise der Wissenschaft (Gen-ethisches Netzwerk)

Obwohl sich gezeigt hat, dass die Gentechnologie in der Vergangenheit immer wieder Versprechungen nicht halten konnte, sind auch mit den neuen Methoden des Geno-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

me-Editings wieder große Erwartungen verbunden. Im Beitrag des Gen-ethischen Netzwerks werden Hintergründe für die diagnostizierte Vertrauenskrise der Wissenschaft, insbesondere der Gentechnologie, in den Blick genommen. Dabei geht es um die Glaubwürdigkeit öffentlich finanzierter Wissenschaft und Forschung. Vor diesem Hintergrund wird mehr Transparenz eingefordert als Grundvoraussetzung für Wahlfreiheit und Entscheidungskompetenz und damit letztlich für Demokratie. Statt die großen Herausforderungen der Menschheit (Zunahme der Weltbevölkerung, Welternährung, Bodendegradation) wirklich interdisziplinär anzugehen, nutzte die Forschung oft nur der Wirtschaft. Als Grundübel wird dabei die im Namen nationaler Wettbewerbsfähigkeit seit den achtziger Jahren betriebene Privatisierung und Kommerzialisierung öffentlicher Forschung beschrieben, die zu einem intransparenten Netzwerk zwischen Biotechnologiefirmen, Experten und Expertinnen in den Behörden und scheinbar neutralen Forschungsinstituten führte. Das Versprechen wissenschaftlicher Universalität lässt sich in solchen intransparenten, von marktwirtschaftlichen Partikularinteressen dominierten Strukturen nicht einlösen. Allerdings ist Wissenschaft auf Öffentlichkeit und Transparenz angewiesen, wenn sie ihre eigenen Grundlagen nicht untergraben will. Will die Wissenschaft daher glaubwürdig sein und das verlorene Vertrauen zurückgewinnen, müssen ihre Strukturen demokratisiert werden. Die neuen Methoden des Genome-Editings bieten dabei die Gelegenheit für einen Neubeginn.

Teil II: Die Debatte um die Gentechnologie

Kapitel 6: Gentechnik als Symbol: Zur Risikowahrnehmung der grünen Gentechnik (Ortwin Renn)

Diskussionen um neue Technologien sind nur teilweise technische Diskussionen und reflektieren vor allem unterschiedliche Wertvorstellungen, Ziele, Präferenzen sowie Gesellschafts- und Naturbilder. Dabei spielt die Frage, wie wir in Zukunft leben wollen und welche Rolle bestimmte Technikbereiche darin spielen sollen, eine zentrale Rolle. Der Beitrag von Ortwin Renn stellt soziale Untersuchungen zu den Bewertungen, Hoffnungen und Befürchtungen verbunden mit der grünen Gentechnik vor, die von einer breiten Ablehnung durch die deutsche und europäische Bevölkerung gekennzeichnet ist. Die grüne Gentechnik ist dabei zur Stellvertreterin für das grundlegende Unbehagen an der Entwicklung zur Modernisierung der Landwirtschaft avanciert. Die ablehnende Haltung wird gespeist durch ein Unbehagen an der Veränderung der als natürlich empfundenen Produktionsprozesse, den kaum für Verbraucher/-innen wahrnehmbaren Nutzen der Gentechnik, mangelndes Vertrauen in die Fachwissen-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

schaftler/-innen, die Sorge um die Umwelt und eine allgemeine Verunsicherung durch die Technisierung, Digitalisierung und Globalisierung. Die grüne Gentechnik ist in der Wahrnehmung der Gesellschaft die Speerspitze einer hochtechnisierten und hochchemisierten Landwirtschaft, mit der „Turbokühe", „Hormonkälber" und „BSE-Rinder" assoziiert werden. Damit ist sie zum Symbol und Sündenbock für den Verlust von Natürlichkeit und Vertrautheit durch die Modernisierung geworden. Vor diesem Problemkontext muss der gesellschaftliche Diskurs über die Nutzung der Gentechnik für Landwirtschaft und Ernährung verstärkt und zu einer wertbezogenen und nicht nur folgenbezogenen Debatte ausgebaut werden. Ein Abwägungsdiskurs über die Ziele und Mittel müsste dabei unter anderem Kriterien wie soziale Gerechtigkeit und Armutsbekämpfung, Menschenrechte, Langzeiteffekte auf Gesundheit, Umwelt und Entwicklung sowie Wirtschaftlichkeit miteinbeziehen. Durch die neue Methode CRISPR/Cas, die auch die grüne Gentechnik revolutioniert, sind die Diskussionen um die grüne Gentechnik aktuell in den Hintergrund getreten. Dies sollte als Chance für einen neuen Dialog genutzt werden.

Kapitel 7: Alles im grünen Bereich? Wissenschaftskommunikation im Zeitalter von grüner Gentechnologie und Genome-Editing (Julia Diekämper, Lilian Marx-Stölting und Steffen Albrecht)

Nach Einschätzung der wissenschaftlichen Fachliteratur handelt es sich bei den neuen Methoden des Genome-Editings um eine „Revolution" der Gentechnologie. Dennoch gelangen Umfragen zu dem Ergebnis, dass viele Menschen noch nicht von den neuen Verfahren gehört haben oder nichts Konkretes mit ihnen verbinden. Der Beitrag von Julia Diekämper, Steffen Albrecht und Lilian Marx-Stölting stellt in diesem Spannungsfeld die Frage nach Anspruch und Rolle von Wissenschaftskommunikation und vergleicht dabei aktuelle Bemühungen um Verständigung mit den von vielen als fehlgeschlagen angesehenen Versuchen zur grünen Gentechnologie. Dabei werden Rahmungen und Narrative ebenso aufgedeckt wie auch strukturelle Grundlagen des Konfliktes zwischen Befürwortern und Befürworterinnen auf der einen Seite und Gegnern und Gegnerinnen auf der anderen Seite beleuchtet. Eine Analyse der öffentlichen Aushandlung von Verfahren des Genome-Editings fragt in diesem Sinne, ob dabei neue Aspekte alte Muster aufzuweichen vermögen. Angesichts eines aktuell verbreiteten Rufs nach einem frühzeitigen Einbeziehen der Öffentlichkeit gilt es schließlich, darüber nachzudenken, wie die neuen Methoden kommuniziert werden können und sollten. Wer sollte etwa an der Debatte beteiligt sein? Und welche Kommunikationsformen eignen sich hierfür? Der Beitrag kommt zu dem Schluss, dass Beteiligung nur gelingen kann, wenn Orte ge-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

schaffen und Verfahren etabliert werden, an denen die Motive, Einstellungen und Hintergrundüberzeugungen der Teilnehmenden artikuliert und ernst genommen werden. Nur so lässt sich ein demokratisches Gespräch darüber, was Wissenschaft soll und darf, ermöglichen.

Spotlight 2: Genome-Editing der menschlichen Keimbahn aus der Perspektive von Menschen mit Behinderung (Sigrid Graumann)

Das Spotlight von Sigrid Graumann nimmt die aktuelle Debatte über den Einsatz des Genome-Editings in der Keimbahn des Menschen als Anlass für eine grundlegende Kritik daran, dass das Ziel der Verhinderung von schweren Krankheiten und Behinderungen den Einsatz gentechnischer Methoden quasi von selbst zu legitimieren scheint. Dem Diskurs liegen dabei in der Regel drei implizite Voraussetzungen zugrunde: 1. wir wissen, was Behinderung ist, nämlich eine defektbedingte Abweichung von der Norm, 2. Behinderung ist mit schwerem Leiden verbunden und 3. weil das so ist, sollte Behinderung in jedem Fall bekämpft werden. Alle drei Voraussetzungen sind allerdings aus der Sicht von Menschen mit Behinderung – sowohl allgemein als auch konkret mit Blick auf das Genome-Editing – kritisch zu hinterfragen. In den Disability Studies wird dem (bio-)medizinischen Modell von Behinderung ein soziales Modell gegenübergestellt. Es gilt demnach in erster Linie, Barrieren in Umwelt und Gesellschaft zu beseitigen, denen Menschen mit Behinderung ausgesetzt sind, und nicht Behinderungen zu vermeiden. Der Zusammenhang zwischen Behinderung und Leiden ist dabei nicht notwendig, da die individuelle Beeinträchtigung für viele Menschen mit Behinderung Teil ihrer Identität ist. Ihre Lebenszufriedenheit wird häufig unterschätzt. Es ist daher nötig, Sinn und Ziele der Forschung kritisch zu hinterfragen, gesellschaftliche Folgen zu berücksichtigen und vor allem, Menschen mit Behinderung eine Stimme zu geben.

Teil III: Wie geht es weiter? Zur Zukunft der Gentechnologie

Kapitel 8: Blick zurück und nach vorne: Entwicklung und aktuelle Herausforderungen in verschiedenen Kernbereichen der Gentechnologie (Boris Fehse, Nediljko Budisa, Bernd Müller-Röber, Jens Reich und Jörn Walter)

Momentan erleben viele Bereiche der Gentechnologie einen enormen Aufschwung. Sowohl für pflanzen- und humanbiologische als auch für synthetisch-biologische Ansätze spielen etwa die neuen Verfahren des Genome-Editings (CRISPR/Cas) eine zukunftsweisende Rolle. Dieses Kapitel bietet aus Sicht aktueller und ehemaliger Mitglieder der IAG

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Gentechnologiebericht einen Überblick über die aktuellen Entwicklungen und zukünftigen gesellschaftlichen und normativen Herausforderungen in der grünen und roten Gentechnik (Gentherapie), Gendiagnostik und synthetischen Biologie.

Der erste Beitrag „Funktionelle Genomforschung – Perspektiven für die personalisierte Medizin" von Jörn Walter betrachtet die Analyse und Interpretation genetischer Variationen im Zuge der humanen Genomsequenzierung mittels sogenannter Next-Generation-Sequenzierungstechnologien (NGS-Technologien). Die so gewonnenen Kenntnisse tragen zum Verständnis der individuellen Genetik einzelner Menschen bei. Die NGS-Technologien werden komplementiert durch die funktionelle Analyse von Genomen, also die Untersuchung der Funktion der Gene und Genome in Zellen und Geweben mittels verschiedener neuer sogenannter Omics-Technologien. Bahnbrechend ist dabei etwa die Möglichkeit, einzelne Zellen des Menschen zu untersuchen. Mithilfe vergleichender Omics-Technologien wird es zukünftig auch möglich sein, Beziehungen zwischen individueller Genomvarianz, Krankheit und individueller Ausprägung zu bestimmen, um so Diagnose und Ansprechen auf Behandlungen genauer prognostizieren zu können, was die Grundlage für eine tatsächlich personalisierte (und nicht nur stratifizierte) Medizin darstellt. Hierzu muss allerdings noch ein konzeptioneller wie auch struktureller Wandel in der medizinischen Forschung und Anwendung vollzogen werden, der auf der medizinisch-technischen Ebene zum Beispiel die Schaffung einer geeigneten digitalisierten Patientendaten-Infrastruktur, die Entwicklung moderner Verfahren des maschinellen Lernens und die Etablierung eines neuen Berufes für den zwischen Auswertung und Interpretation vermittelnden Facharzt miteinschließt. Daneben bedarf es für die breite Nutzung von NGS-Daten auch der Lösung einer Reihe von medizinethischen und -rechtlichen Fragen, insbesondere mit Blick auf den Datenschutz.

Der nachfolgende Beitrag „‚Rote Gentechnologie' – Nachhaltiges Comeback der Gentherapie?!" von Boris Fehse geht auf die Entwicklung der Gentherapie ein, die nach großen Verheißungen gegen Ende des letzten Jahrtausends zunächst mit großen Enttäuschungen zu kämpfen hatte. Infolge der anfänglichen Rückschläge wurde die Forschung von der Klinik zurück ins Labor verlagert, was seit den 2010er Jahren zu großen Fortschritten führte, nachdem es gelungen war, mittels sogenannter CARs (Chimären Antigenrezeptoren) Angriffsziele auf Krebszellen für Zellen des Immunsystems (T-Zellen) zugänglich zu machen. Das Prinzip wurde seitdem in mehreren klinischen Studien erfolgreich getestet. Auch andere Anwendungen der Gentherapie sind inzwischen erfolgreich, sodass es bereits in Europa und den USA zugelassene Gentherapeutika gibt. Vielversprechend sind auch die neueren Verfahren des Genome-Editings, die seit den 1990er Jahren weiterentwickelt und Anfang der 2010er Jahre verstärkt erforscht wur-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

den. Der entscheidende Durchbruch gelang J. Doudna und E. Charpentier 2012 durch die Entwicklung des CRISPR/Cas9-Systems (und nachfolgend ähnlicher Prinzipien). Diese Technologie wird inzwischen in allen Anwendungsbereichen der Gentechnologie eingesetzt. Trotz einiger Einschränkungen, die für alle Genome-Editing-Methoden gleichermaßen gelten, entwickelt sich auch das klinische Genome-Editing rasant. Es werden bereits mehr als 20 klinische Studien durchgeführt, davon ungefähr die Hälfte mit CRISPR/Cas9, der Rest mit früheren Methoden. Ob das Genome-Editing auch in vivo in einem klinisch relevanten Umfang funktioniert, ist derzeit eine der spannenden Fragen.

Bernd Müller-Röber greift in seinem Beitrag „‚Grüne Gentechnologie' – Weiterhin ein schwieriges Terrain in Deutschland" den Einfluss des Genome-Editings auf die Pflanzenforschung auf. Diese Technologie hat sehr schnell auch in die Pflanzenforschung Eingang gefunden und wird weltweit für die Anwendung insbesondere in Kulturpflanzen weiterentwickelt. Verschiedene Möglichkeiten, die benötigten Komponenten in die Zelle einzubringen, werden im Beitrag vorgestellt. Zukünftig werden die neuen Methoden (CRISPR/Cas), die genetische oder epigenetische Veränderungen herbeiführen können, ohne dass die resultierenden Pflanzen von natürlich vorkommenden unterschieden werden können, eine wichtige Rolle neben den sogenannten Transgentechnologien spielen. Wie solche Pflanzen rechtlich einzustufen sind und ob sie gentechnisch veränderte Organismen im Sinne des Gentechnikgesetzes oder entsprechender EU-Regelungen darstellen oder nicht, war lange Zeit ungeklärt. Mit dem Urteil vom 25. Juli 2018 entschied der Europäische Gerichtshof allerdings, dass auch Verfahren des Genome-Editings als Gentechnik anzusehen seien. Im globalen Anbau wie auch in der Forschung spielen nach wie vor die klassischen transgenen Pflanzen eine große Rolle. Weltweit werden sie inzwischen auf insgesamt 190 Millionen Hektar angebaut, während in Deutschland sowohl ein kommerzieller Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen als auch wissenschaftliche Freilandversuche aus politischen Gründen nicht mehr möglich sind. Dabei dient auch das von der Bundesrepublik Deutschland eingeführte Siegel „Ohne Gentechnik" vor allem politischen Interessen, da es den Einsatz gentechnischer Verfahren – entgegen den Erwartungen der Verbraucher/-innen – gar nicht ausschließt.

Der Beitrag „Synthetische Biologie: Grundlegende Konzepte und Anforderungen für die Gestaltung eines künstlichen Biocontainment-Systems" des ehemaligen IAG-Mitglieds Nediljko Budisa fokussiert auf die Frage der biologischen Sicherheit zur Eindämmung von in Laboren verwendeten Organismen (Biocontainment). Dabei werden verschiedene Ansätze innerhalb der synthetischen Biologie zur Eindämmung vorgestellt und diskutiert, insbesondere die Entwicklung künstlicher Organismen, die sich in der Natur nicht ausbreiten oder keine Erbinformation mit anderen Organismen austauschen können. So soll die Gefahr negativer Auswirkungen auf natürliche Organismen

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

und die menschliche Gesundheit gebannt werden. Auxotrophe Organismen benötigen dabei etwa eine bestimmte natürliche oder synthetische Verbindung zum Überleben. Daneben können selbstzerstörende Funktionen (sog. „Kill-Switches") in Zellen eingebaut werden, die aktiviert werden, sobald die Zufuhr von bestimmten Molekülen unterbrochen wird. Darüber hinaus kann ein „Minimaler-Genom"-Ansatz, der das Genom einer Zelle auf die notwendigsten Gene reduziert, das Überleben von Organismen in natürlicher Umgebung verhindern. Auch die neue Methode des „Gene-Drives" kann für eine gezielte Eindämmung genutzt werden. Eine hundertprozentige (Bio-)Sicherheit kann es dabei jedoch nicht geben.

Der das Kapitel abschließende Beitrag „Was kann Gentechnik, was darf Gentechnik? Ein gesellschaftlicher Blick auf die Gentechnologien" von Jens Reich reflektiert gegenwärtige und zukünftige soziale wie ethische Herausforderungen der in den vorangegangenen Beiträgen vorgestellten Entwicklungen im Bereich der Gentechnologien. Dabei werden konkrete Problemstellungen unterschiedlicher Forschungsbereiche innerhalb der Gentechnik aufgezeigt. Ein grundlegendes bioethisches Problem entsteht beispielsweise bereits beim Einsatz von Versuchstieren als „Krankheitsmodelle". Spezielle bioethische Probleme zeigen sich zum Beispiel in verschiedenen Anwendungsbereichen des Genome-Editings. Im Bereich der Mikroorganismen stehen dabei ökologische Kriterien im Vordergrund einer Bewertung. Die Vernichtung von Anopheles- oder Aedesmücken mittels Gene-Drive zur Ausrottung der Malaria könnte schwerwiegende bio-ökologische Konsequenzen haben. Auch genomeditierende Projekte an Wildpflanzen unterliegen einer systemökologischen Evaluation. Bei Nutzpflanzen kommt das Problem der Kontamination der gentechnikfreien Land- und Lebensmittelwirtschaft hinzu. Auch der Einsatz des Genome-Editings beim Menschen führt zwar nicht zu prinzipiell neuen, aber momentan akuter werdenden ethischen Problemen. Als ethische Grenzüberschreitung wird häufig das Genome-Editing in der menschlichen Keimbahn angesehen. Die neue Methode führt damit zur Verschärfung bioethischer und schwer lösbarer Entscheidungskonflikte. Der Beitrag kommt zu dem Schluss, dass die Aufgabe der Wissenschaft eine pragmatisch orientierte Sachaufklärung bleibt als Grundlage für eine gesellschaftlich-politisch notwendige Einschätzung und ethische Bewertung ihrer Ergebnisse.

Kapitel 9: Gentechnisches Enhancement (Dieter Birnbacher)

Dieter Birnbacher untersucht in seinem Beitrag die normative Bewertung eines möglichen zukünftigen gentechnischen Enhancements in Anlehnung an die Bewertung bereits bestehender, nicht gentechnischer Enhancement-Angebote, insbesondere des Dopings im Sport. Unter den Begriff des Enhancements werden dabei biomedizinische

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Mittel, Verfahren und Techniken gefasst, die nicht nur medizinisch eingesetzt werden können, sondern auch zum Zweck der Steigerung von Fähigkeiten, zur Verbesserung von Lebensqualität oder zur Gestaltung der äußeren Erscheinung von Gesunden. Diese können sowohl eine kompensatorische Funktion haben zur (Wieder-)Herstellung eines „normalen" Zustands als auch eine erweiternde Funktion zur Verbesserung eines bereits „normalen" Zustands. Die Grenze zwischen Therapie und Enhancement wird dabei als normativ relevant angesehen, lässt sich jedoch nicht mit der Grenze zwischen zulässigen und unzulässigen Eingriffen gleichsetzen. Die Akzeptabilität eines Eingriffs und der mit ihm verbundenen Risiken hängt vielmehr von der jeweiligen Form und dem Anwendungsbereich ab: 1. Anwendungen im Bereich des Sports, 2. erweiternd statt kompensatorisch, 3. Irreversibilität, 4. Risiken für Dritte, 5. Fremdbestimmungsrisiken. Im Bereich des Sports muss Gendoping genauso wie nicht genetisches Doping aufgrund des spezifischen Charakters des Sports zur Demonstration natürlicher Fähigkeiten als unzulässig gelten. Die Unterscheidung zwischen erweiterndem und kompensatorischem Enhancement ist normativ signifikant: Wünsche nach (Wieder-)Herstellung von Normalität sind in der Regel vordringlicher als solche nach Überbietung der Normalität. Die Irreversibilität ist ein gewichtiges Risikomerkmal, da sie die Freiheit des Einzelnen einschränkt, erwarteten oder unerwarteten Schaden aus einer Anwendung rückgängig zu machen. Die Entscheidung darüber, ob dieses Risiko eingegangen werden soll, sollte jedoch eine individuelle sein. Risiken für Dritte könnten als Nebenfolge des Eingriffs auftreten, etwa Infektionsrisiken durch virale Vektoren oder Risiken einer Keimbahntherapie, die neben dem erwünschten Merkmal auch unerwünschte Nebenwirkungen haben könnte. Als Fremdbestimmungsrisiken lassen sich diejenigen Risiken zusammenfassen, die dem Betroffenen nicht aus dem gentechnischen Eingriff selbst, sondern daraus erwachsen, dass er an der Entscheidung über den Eingriff nicht beteiligt wird (insbesondere bei Keimbahninterventionen). Allerdings ist dabei die Art des Eingriffes und die damit verbundenen Einschränkungen für die Lebensentscheidungen des zukünftigen Kindes normativ ausschlaggebend. Daraus ergibt sich, dass die zu erwartenden zukünftigen Möglichkeiten einer gezielten genetischen Steuerung ethisch komplexe Herausforderungen darstellen und daher nach differenzierten Antworten verlangen.

Kapitel 10: Technikfolgenabschätzung zukünftiger Bio- und Gentechnologien: Visionen und Partizipation (Armin Grunwald und Arnold Sauter)

Der Beitrag von Armin Grundwald und Arnold Sauter fokussiert auf Herausforderungen und Möglichkeiten der politik- und gesellschaftsberatenden Technikfolgenabschätzung (TA) zu Bio- und Gentechnologien in sehr frühen Stadien. Nach einer kurzen Einfüh-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

rung in die TA wird an den beiden Beispielen der künstlichen Fotosynthese und synthetischen Biologie erläutert, wie TA auch bei unsicherem Folgenwissen Orientierung bieten kann. Spätestens seit den 1960er Jahren zeichnete sich die Ambivalenz von Technik anhand erheblicher nicht intendierter Folgen von wissenschaftlich-technischen Entwicklungen ab. Die Identifizierung und Verhinderung oder Kompensation solcher nicht intendierter Technikfolgen ist eine Grundmotivation der TA. Seit den 1970er Jahren gehört sowohl die Frühwarnung vor technikbedingten Gefahren als auch die Früherkennung von Chancen der Technik zu den Aufgaben der TA. Durch die frühzeitige Erkennung von Technikkonflikten und die Einbeziehung von Betroffenen und Stakeholdern ermöglicht sie dialogische Lösungen und vermeidet fundamentalistische Blockaden. So soll sie durch die antizipierende Erforschung möglicher Technik- und Entscheidungsfolgen einschließlich ihrer ethischen, ökologischen und gesellschaftlichen Reflexion zu einer informierten demokratischen Debatte beitragen und reflektierte politische Entscheidungen vorbereiten. Zu den drei wesentlichen Ausrichtungen der TA zählen die wissenschaftliche Politikberatung, der öffentliche Dialog und die Mitgestaltung der Technik. Ziel ist dabei, unterschiedliche Alternativen aufzuzeigen anstatt konkrete Empfehlungen abzugeben. Besonders schwierig ist eine TA in sehr frühen Stadien der Entwicklung einer Technik, wenn konkrete Folgen und Verantwortungszuschreibungen noch gar nicht absehbar sind. Um trotz des geringen Wissens sinnvoll über ein neues Themengebiet diskutieren zu können, können mögliche Technikzukünfte zum Beispiel anhand von Visionen oder Szenarien untersucht werden. Die Handlungsoptionen beziehen sich dann auf die Gestaltung des gegenwärtigen Forschungsprozesses und der ihn begleitenden Debatte. Dabei muss die TA zu neuen Bio- und Gentechnologien sowohl konkrete Folgenfragen bearbeiten als auch die „großen Fragen" nach dem Verhältnis von Leben und Technik und dem menschlichen Selbstverständnis miteinbeziehen. Darüber hinaus werden zukünftig auch neue Erwartungen und Formen gesellschaftlicher Partizipation berücksichtigt werden müssen.

Spotlight 3: Gentechnologie für alle (Sascha Karberg)

Aufgrund zunehmend einfacher und günstiger nutzbarer Techniken werden Veränderung des Erbguts von Bakterien, Pflanzen und Tieren inzwischen auch von Amateuren vorgenommen. Diesem Trend zur „Do-it-yourself-Biologie", auch als „Biohacking" bezeichnet, widmet sich das Spotlight von Sascha Karberg. Gegen die verbreiteten Befürchtungen einer unbeabsichtigten oder gezielten Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen wird argumentiert, dass Biohacking (noch) kein Massenphänomen ist, die technischen Möglichkeiten derzeit begrenzt sind und die meisten

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Biohacker auch keine Laien sind und sich darüber hinaus durchaus Gedanken zu ethischen und Sicherheitsfragen machen. Vor dem Hintergrund, dass die genutzten Kits im Internet bestellt und zu Hause genutzt werden können, wird außerdem die Frage aufgeworfen, ob Regularien zur Herstellung von gentechnisch veränderten Organismen überhaupt der richtige Ansatzpunkt sind. Biohacker stehen in der Tradition berühmter Amateur-Forscher wie Leibniz, Goethe und Mendel. Als eine Form von Bürgerwissenschaft sollten sie daher viel mehr in den Dialog um Forschung eingebunden werden. Dies könnte eine Chance für eine öffentliche Auseinandersetzung mit den Biotechniken außerhalb des Elfenbeinturms der Wissenschaften darstellen. So könnten Biohackerspaces dabei helfen, Brücken zwischen Bürgern und der Wissenschaft zu bauen. Biotechnologie, Gentechnik, Genanalyse und Biomedizin bergen das Potenzial, die Gesellschaft ähnlich gravierend zu verändern wie die Informationstechnologie es bereits getan hat und noch tut. Do-it-yourself-Biologie bietet dabei die Chance, einer möglichst breiten demokratischen Basis theoretischen und auch praktischen Zugang zu diesen Technologien zu gewähren. Ein ehrlicher, offener Dialog könnte den Eindruck zerstreuen helfen, dass Biotechniken nur wenigen und nicht der Gemeinschaft dienen.

Teil IV: Problemfelder und Indikatoren

Kapitel 11: Problemfelder der Gentechnologien gestern und heute (Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger)

Die IAG *Gentechnologiebericht* stellt der Öffentlichkeit seit ihrer Gründung 2001 als Monitoringprojekt Informationen und Analysen zu den unterschiedlichen Gentechnologien zur Verfügung. Hierfür entwickelte die IAG die Problemfeld- und Indikatorenanalyse als Alleinstellungsmerkmal. Dabei werden auf Basis einer qualitativen Erhebung (Problemfeldanalyse) quantitative Daten (Indikatoren) zusammengetragen, die eine Einschätzung aktueller Entwicklungen ermöglichen (z. B. die Anzahl internationaler Fachartikel zu einem bestimmten Themenfeld). Für den vierten Bericht wurde die Methode erstmals auf alle sechs bisher von der IAG behandelten Themenfelder der Gentechnologie (Epigenetik, Stammzellforschung, Gendiagnostik, Gentherapie, grüne Gentechnologie und synthetische Biologie) angewendet. Die Problemfelder werden zunächst dokumentiert, visualisiert und inhaltlich beschrieben und dann mit Indikatoren ausgeleuchtet, die für alle sechs Themenfelder relevant sind. Der Beitrag von Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger bietet dabei eine Übersicht über alle von der IAG im Laufe der Zeit zu den sechs Themenfeldern erhobenen Problemfeldern. Dabei zeigt sich, welche Problemfelder in der öffentlichen Wahrnehmung besonders relevant wa-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ren beziehungsweise nach wie vor sind: Die Realisierung medizinischer Zielsetzungen und der Forschungsziele, der Rechtsrahmen, gesundheitliche Risiken, die Qualitätssicherung oder der Arztvorbehalt, die öffentliche Wahrnehmung, Missbrauchsgefahren, Alternativen, ethische Implikationen, wissenschaftstheoretische Überlegungen, Implikationen für den Forschungsstandort Deutschland, mögliche Anwendungshorizonte, der Transfer in Produkte, die Kommerzialisierung wissenschaftlicher Ergebnisse sowie deren Patentierung.

Kapitel 12: Ausgewählte Indikatoren zu den unterschiedlichen Gentechnologien (Lilian Marx-Stölting, Sabine Könninger, Alina Chlebowska und Yaroslav Koshelev)

Ziel der Problemfeld- und Indikatorenanalyse ist es, das komplexe Feld der Gentechnologien für die Öffentlichkeit aufzuschließen und mittels quantitativer Daten auszuleuchten. Für den vorliegenden vierten Gentechnologiebericht wurden erstmalig Indikatoren für alle sechs von der IAG beobachteten Themenfelder (Gentherapie, grüne Gentechnologie, Gendiagnostik, Stammzellforschung, Epigenetik und synthetische Biologie) zeitgleich und mit derselben Methode erhoben. Dies ermöglicht sowohl eine nach Themen gegliederte Betrachtung als auch einen relativen Vergleich der Themenbereiche untereinander. Im Beitrag von Lilian Marx-Stölting, Sabine Könninger, Alina Chlebowska und Yaroslav Koshelev werden anhand von standardisierten Datenblättern folgende Indikatoren für den Zeitraum von 2001 bis 2018 beschrieben: Mediale Abbildung, Neuerscheinungen (Deutsche Nationalbibliothek), Online-Suchanfragen, Anzahl internationaler Fachartikel, Förderung durch den Bund, öffentliche Veranstaltungen, Fördermaßnahmen der DFG sowie EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung. Insgesamt fällt dabei auf, dass es keine lineare Entwicklung oder eine eindeutige Tendenz „der Gentechnologie“ gibt, sondern die einzelnen Themenbereiche sich über die Jahre sehr unterschiedlich entwickelt haben.

Spotlight 4: Veränderungen bei der Erhebung von Einstellungen zur Gentechnik. Biotechnologie in der europäischen Survey-Forschung (Jürgen Hampel)

Das Spotlight von Jürgen Hampel nimmt die Erfassung der öffentlichen Meinung zur Gentechnik mithilfe repräsentativer Bevölkerungsumfragen in den Blick. Diese sogenannten Surveys haben sich im Laufe der Jahre verändert. Exemplarisch werden die sieben „Eurobarometerbefragungen“ im Auftrag der EU-Kommission, die in den Jahren von 1991 bis 2010 erhoben wurden, und ihre Ergebnisse vorgestellt. Die Sequenz

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der Surveys erlaubt es, anhand der behandelten Themen aufzuzeigen, wie sich die Einstellungen zur Gentechnik seit der ersten Befragung entwickelt haben. Unterschiede gibt es dabei sowohl bei den behandelten Themen als auch bei der inhaltlichen Ausrichtung der Fragen. Anhand der Fragen kann auch ermittelt werden, welche Konzepte zur Erklärung von Einstellungen die Autoren und Autorinnen des Fragebogens hatten. So spielte etwa die auch als „Defizitmodell" bezeichnete und inzwischen überholte Hypothese, dass die Ablehnung von Gentechnik Konsequenz von fehlendem Wissen sei, 1991 noch eine bedeutende Rolle, während 2010 ganz andere Erklärungsmodelle in die Fragebögen aufgenommen wurden, wie etwa die Frage nach dem Vertrauen in die Akteure und Akteurinnen oder die ethische Bewertung. Mit einem solchen erweiterten Fragenkonzept ist es möglich, zu überprüfen, inwieweit die Bewertung gentechnischer Anwendungen von deren wahrgenommenen Eigenschaften abhängt. So war es durch die empirische Forschung beispielsweise auch möglich, verbreitete Irrtümer, dass etwa eine Ablehnung auf Risikoaversion zurückzuführen sei, zu entkräften.

Teil V: Bilanz der Arbeit der IAG

Kapitel 13: Ein Monitoring monitoren – die IAG *Gentechnologiebericht* in der Wahrnehmung der medialen Öffentlichkeit (Sabine Könninger)

Im Beitrag von Sabine Könninger werden Fragen zur Bilanzierung der Arbeit der IAG untersucht. Sie beziehen sich sowohl auf die Wahrnehmung der IAG in der medialen Öffentlichkeit als auch auf eine ihrer Methoden – die Problemfeldanalyse. Zunächst wird der Frage nachgegangen, in welchen Zeitungen und Zeitschriften die IAG und ihre Tätigkeiten wahrgenommen und rezipiert wurden. Darüber hinaus wird die Frage untersucht, ob die von der IAG formulierten Zielgruppen, die die IAG mit ihren Publikationen und Handlungsempfehlungen adressierte, auch erreicht wurden. Dabei zeigt sich als Ergebnis der quantitativ-qualitativen Analyse von Print- und Online-Artikeln, dass ihre Publikationen und Veranstaltungen in einer Vielzahl von Publikationsorganen rezipiert werden. Aus der jeweiligen Leserschaft ergibt sich, dass die von der IAG formulierten Zielgruppen, nämlich NGOs, betroffene (also Fach- und Berufs-)Verbände, Entscheidungsträger/-innen in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft, die interessierte Öffentlichkeit sowie Multiplikatoren und Multiplikatorinnen, im Wesentlichen erreicht werden. Eine weitere Frage richtet sich darauf, wie die IAG wahrgenommen wird, wie sie medial gedeutet wird, aber auch mit welchen Problembenennungen sie als Akteurin in der medialen Öffentlichkeit präsent ist. Hierbei fällt auf, dass die IAG an der Schnittstelle von Wissenschaft, Politik und Medizin gesehen wird (wobei der Schwerpunkt auf

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der Wissenschaft liegt). Sie wird dabei weniger als „Beobachterin" der Gentechnologie (im Sinne des Selbstverständnisses der Gruppe als Monitoringprojekt) wahrgenommen, sondern vor allem als handlungsempfehlendes und politikberatendes Gremium, insbesondere in Bezug auf Gesetzgebung, Forschungsförderung und Sicherung der Forschung in Deutschland. Als steuerndes Gremium wird die IAG, etwa bezüglich ihrer Zusammensetzung oder der Wahl ihrer Themen und Definitionen, in einigen Beiträgen auch kritisiert und als Interessenvertretung gesehen. Nicht zuletzt wird in dem Beitrag die Problemfeldanalyse der IAG reflektiert. Sie wurde in modifizierter Form für den Beitrag angewendet. Abschließend werden offene Fragen dazu in den Raum gestellt, welche Möglichkeiten sich aus solch einer Modifikation hinsichtlich der Wissenschaftskommunikation der IAG oder auch für eine demokratische Technikgestaltung ergeben.

Spotlight 5: Schlussbemerkung: Asilomar und die Folgen (Ferdinand Hucho)

Die Schlussbemerkung zum vierten Bericht von Ferdinand Hucho blickt zurück auf die Debatten um Gentechnologien und die Gründung der IAG *Gentechnologiebericht*. Gentechnologie als Querschnittstechnologie bot von Anfang an ein breites Anwendungsspektrum. Bereits erste Versuche des US-amerikanischen Biochemikers Paul Berg Anfang der 70er Jahre waren von ethischen Fragen und dem Ruf nach einem Moratorium im Sinne einer freiwilligen „Auszeit" zur Erforschung von Risiken und Potenzialen begleitet. Dieses Moratorium wurde weltweit befolgt, bei der legendären Konferenz von Asilomar 1975 allerdings wieder aufgehoben. Die Asilomar-Konferenz kann dennoch als Beginn eines ernsthaften, verantwortungsbewussten Diskurses über die Implikationen neuer Forschungsparadigmen gelten. Als Kompromiss zwischen den Protagonisten und Protagonistinnen für und gegen das Moratorium wurde die Ausarbeitung von Sicherheitsrichtlinien angeregt. Diese Vorschläge gingen in verschiedene gesetzliche Regulierungen ein, so auch in das deutsche Gentechnikgesetz von 1990, das später noch ergänzt und modifiziert wurde. Asilomar markiert somit den Übergang vom „Verbieten" zum Observieren und Regulieren. In einer Zeit anfänglicher Rückschläge und heftiger kontroverser Diskussionen um die Gentechnologie etablierte die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (BBAW) im Jahr 2001 das Monitoringprojekt *Gentechnologiebericht*. Ziel war die Förderung eines ergebnisoffenen Diskurses basierend auf den drei Voraussetzungen wissenschaftliche Kompetenz, Interdisziplinarität und Unabhängigkeit, die in besonderem Maße an einer Wissenschaftsakademie wie der BBAW gegeben ist. Der vorliegende vierte Bericht zieht nach knapp 20 Jahren Laufzeit der IAG Bilanz. Dabei lässt sich aktuell absehen, dass neue Entwicklungen (insbesondere CRISPR/Cas) für die gesamte Gentechnologie in den kommenden Jahren einen

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Quantensprung bedeuten werden. Aus diesem Grund sind Vorschläge für ein globales Observatorium der neuen Gene-Editing-Methoden sinnvoll und zu begrüßen. Die IAG *Gentechnologiebericht* kann hierzu wertvolle Erfahrungen beisteuern.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht:
Heiner Fangerau, Boris Fehse, Jürgen Hampel, Ferdinand Hucho, Martin Korte, Kristian Köchy, Bernd Müller-Röber, Jens Reich, Jochen Taupitz, Jörn Walter und Martin Zenke[1]

Kurzfassung der Handlungsempfehlungen der IAG *Gentechnologiebericht*[2]

Die IAG *Gentechnologiebericht* empfiehlt, gentechnologische Verfahren, Forschungen, Anwendungen und gesellschaftliche Wahrnehmungen auch weiterhin sowohl interdisziplinär als auch international zu reflektieren und wo nötig, konkrete Handlungsempfehlungen zu entwickeln. Im Folgenden sind zu den Themenfeldern Stammzellforschung, Gentherapie, Gendiagnostik, Epigenetik, grüne Gentechnologie und synthetische Biologie konkrete Handlungsempfehlungen aus Sicht der Mitglieder der IAG wiedergegeben.

Forschungsförderung

Um das Potenzial aktueller Forschung zur Lösung medizinischer und gesellschaftlicher Herausforderungen entfalten zu können, empfiehlt die IAG *Gentechnologiebericht*, gezielte öffentliche wie auch private Fördermaßnahmen aufzulegen. Exzellente Grundlagenforschung und kliniknahe Forschung sollten dabei langfristig gefördert werden.

- Neue Techniken: Im Zusammenhang mit der Stammzellforschung sollte insbesondere die Forschung an Organoiden als Krankheitsmodelle und biotechnologische Testsysteme („organs-on-chips“) zur individuellen Medikamententestung wie auch zum Screening nach neuen Medikamenten gefördert werden.
- Auch die neuen Techniken des Genome-Editings sollten konsequent und langfristig in ihren unterschiedlichen Forschungs- und Anwendungsbereichen erforscht werden. Für eine fachkompetente Beurteilung und Abwägung der Chancen und Risiken

1 Das ehemalige Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht* Nediljko Budisa war Mitautor der aktualisierten Handlungsempfehlungen zur synthetischen Biologie.

2 Dies ist eine Kurzfassung der aus der Sicht der Mitglieder der IAG wichtigsten Empfehlungen basierend auf den ausführlichen „Handlungsempfehlungen zu den Themenfeldern der IAG *Gentechnologiebericht*“ im folgenden Kapitel.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

möglicher Anwendungen des Genome-Editings müssen insbesondere auch Sicherheits- und Risikoaspekte gründlich untersucht werden.

- Langfristige Ziele: Die IAG empfiehlt eine breite Förderung der technologischen Möglichkeiten für eine zunehmend personalisierte Medizin, zum Beispiel durch die Nutzung der neuesten Hochdurchsatzdiagnostik-Plattformen für die diagnostische Forschung und deren praktische klinische Anwendung.
- Fachkräfte: Insbesondere im Bereich der grünen Gentechnologie muss das wissenschaftliche und personelle Know-how als Motor zukünftiger Innovationen langfristig in Deutschland gesichert werden. Im Bereich der Gendiagnostik muss außerdem für eine breite Ausbildung von interdisziplinär geschultem Fachpersonal für die praktische Auswertung und Interpretation genetischer Sequenzdaten Sorge getragen werden.
- Vernetzung: Die Vernetzung von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sowie Klinikern und Klinikerinnen ist eine wichtige Voraussetzung vor allem für die Gentherapieforschung. Die Förderung vernetzter Strukturen sollte daher unbedingt fortgesetzt werden. Vor dem Hintergrund einer zunehmend globalen Forschung sollte sich Deutschland auch an weltweiten Initiativen beteiligen, um an der Entwicklung international gültiger wissenschaftlicher, rechtlicher und ethischer Regelungen und Standards mitzuarbeiten.
- Translation in die Klinik: Angesichts der Stagnation in der Durchführung klinischer Gentherapiestudien in Deutschland empfiehlt die IAG die Implementierung strukturierter Programme zur Förderung der klinischen Translation innovativer zell- und gentherapeutischer Ansätze.
- Daten: Die Schaffung umfangreicher, international vernetzter Datenbanken für die Interpretation krankheitsrelevanter Sequenzvarianten ist zu fördern. Hierzu notwendige Daten- und Sicherheitsstrukturen sollten im öffentlich geförderten Raum entstehen und nicht dem privaten Markt überlassen werden. Für die klinische Nutzung personenbezogener Genomdaten muss dabei ein rechtssicherer und darüber hinaus ethisch vertretbarer Rahmen geschaffen werden, zu dem auch das Recht sowohl auf Wissen als auch auf Nichtwissen gehört.
- Finanzierungsmodelle: Insbesondere im Bereich der Epigenetik sollte die Entwicklung von Wirkstoffen und neuer Therapieansätze intensiv zum Beispiel auch durch „private-public partnerships“ mit Pharma- und Biotechfirmen unterstützt werden. Neue Anwendungen der grünen Gentechnologie wie etwa optimierte Kulturpflanzen für den Anbau in Entwicklungs- und Schwellenländern sollten dagegen vor allem öffentlich gefördert werden, um auch Forschungsziele jenseits von industrieller Gewinnmaximierung zu adressieren.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- Biosicherheit: Der verantwortungsvolle und sorgfältige Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen zum Beispiel im Bereich der synthetischen Biologie ist eine Grundvoraussetzung für die gentechnologische Forschung.

Rechtlicher Rahmen

Im Bereich der Gentechnologien sind die rechtlichen Rahmenbedingungen daraufhin zu prüfen, ob sie umfassend, konsistent und zeitgemäß sind.

- Das Embryonenschutzgesetz bedarf dabei einer Novellierung, um einerseits zu enge Grenzen der Forschung zu lockern, andererseits aber auch Lücken z. B. in Bezug auf Keimbahntherapien zu schließen und bestehende Inkonsistenzen zum Stammzellgesetz zu vermeiden.
- Wegen des Grundrechts auf Leben und körperliche Unversehrtheit von Patienten und Patientinnen sollten neue stammzellbasierte Therapien diesen nicht ohne hinreichende Begründung vorenthalten werden, wenn sie etwa im Ausland entwickelt wurden.
- Die aus dem Stammzellgesetz resultierenden Beschränkungen der Forschungsfreiheit sind ethisch umstritten und verfassungsrechtlich nicht gerechtfertigt. Die Wirkung der dort festgelegten Stichtagsregelung ist begrenzt. Die IAG empfiehlt eine Aufhebung des Stichtags oder zumindest die Einführung eines gleitenden Stichtags oder eine Einzelfallprüfung. Die Einfuhr und Verwendung von humanen embryonalen Stammzellen (hES-Zellen) sollte auch zu diagnostischen, präventiven und therapeutischen Zwecken zulässig sein.
- Zugleich ist ein Monitoring der international und national angebotenen ungeprüften Stammzelltherapien durch die Aufsichts- und Zulassungsbehörden in Deutschland dringend erforderlich, um die Aufklärung und Sicherheit von Patienten und Patientinnen zu garantieren.

Ethische Fragen und Einbeziehung der Öffentlichkeit

- Die naturwissenschaftliche Forschung zu Gentechnologien muss begleitet sein durch eine interdisziplinäre Forschung zu sozialen, ethischen und rechtlichen Aspekten. Diese sollte daher gezielt und stärker gefördert werden.
- Daneben ist ein möglichst frühzeitiger transparenter und objektiver Diskurs zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit von zentraler Bedeutung für die weitere Entwicklung der Gentechnologien.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht:
Heiner Fangerau, Boris Fehse, Jürgen Hampel, Ferdinand Hucho, Martin Korte, Kristian Köchy, Bernd Müller-Röber, Jens Reich, Jochen Taupitz, Jörn Walter und Martin Zenke[1]

Handlungsempfehlungen zu den Themenfeldern der IAG *Gentechnologiebericht*

Die Gentechnologien bergen auch 18 Jahre nach der Gründung der IAG *Gentechnologiebericht* eine große gesellschaftliche Sprengkraft bedingt durch eine hohe wissenschaftliche Dynamik, die immer stärker von der Grundlagenforschung in die Anwendung dringt. Neue Methoden zum Beispiel des Genome-Editings beschleunigen zudem die Entwicklung und beeinflussen dabei alle gentechnischen Forschungs- und Anwendungsbereiche. Die IAG hat die unterschiedlichen Gentechnologien mit ihren jeweiligen Anwendungsbereichen getrennt in den Blick genommen. Beobachtet wurden insbesondere die Stammzellforschung, Epigenetik, Gendiagnostik, somatische Gentherapie, grüne Gentechnologie und synthetische Biologie. Nach knapp 20 Jahren Laufzeit der IAG werden im Folgenden die aktuell als zentral angesehenen Entwicklungen und darauf bezogene Handlungsempfehlungen für die behandelten Themenbereiche zusammengefasst.[2]

1. Handlungsempfehlungen zur Stammzellforschung

Bedeutung der Stammzellforschung

Die Stammzellforschung ist bereits seit einigen Jahren ein besonders dynamisches und zukunftsträchtiges Forschungsgebiet mit maßgeblichem Einfluss auf die biomedizinische Grundlagenforschung, Medizin und Medikamentenentwicklung. Das Besondere

1 Das ehemalige Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht* Nediljko Budisa ist Mitautor der aktualisierten Handlungsempfehlungen zur synthetischen Biologie.

2 Die hier vorgestellten Handlungsempfehlungen basieren auf den Kernaussagen und Handlungsempfehlungen des dritten Gentechnologieberichts (Müller-Röber et al., 2015) sowie der Themenbände zur Epigenetik (Walter/Hümpel, 2017) und Stammzellforschung (Zenke et al., 2018). Für den vorliegenden vierten Gentechnologiebericht wurden sie von der IAG *Gentechnologiebericht* neu bearbeitet und aktualisiert.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

an Stammzellen ist, dass sie sich erstens fast unbegrenzt teilen und vermehren sowie zweitens spezialisierte und je nach Stammzelltyp unterschiedliche Zellen bilden können. Mit diesen einzigartigen Eigenschaften unterscheiden sich Stammzellen von anderen Zellen in unserem Körper. So sind Stammzellen während der Embryonalentwicklung wichtig für den Aufbau der verschiedenen Organe und Gewebe und im erwachsenen (adulten) Organismus für deren Aufrechterhaltung und Reparatur. Natürlich vorkommende wie auch künstlich hergestellte Stammzellen werden nach ihrem jeweiligen Entwicklungspotenzial klassifiziert: Totipotente Stammzellen der befruchteten Eizelle (Zygote) besitzen die Fähigkeit, alle Zelltypen des Embryos inklusive der extraembryonalen Zellen (Plazenta) und somit einen ganzen Organismus hervorzubringen. Pluripotente Stammzellen sind in der Lage, sich in alle über 200 Zelltypen unseres Körpers auszudifferenzieren. Dieses Potenzial kommt humanen embryonalen Stammzellen (hES-Zellen) sowie den künstlich hergestellten humanen induzierten pluripotenten Stammzellen (hiPS-Zellen) zu. Multipotente adulte (auch „somatische" oder „gewebespezifische") Stammzellen sind dagegen in ihrem Differenzierungspotenzial bereits auf die Bildung spezifischer Organe oder Gewebe festgelegt.

Stammzellbasierte Therapien und/oder Medikamente haben das Potenzial, den medizinischen und gesellschaftlichen Herausforderungen zu begegnen, die sich durch die in zunehmendem Maße alternde Gesellschaft ergeben. Eine exzellente Grundlagenforschung und kliniknahe Forschung sind der Schlüssel für eine erfolgreiche Translation von stammzellbasierten Verfahren in die Klinik und sollten daher gezielt und langfristig gefördert werden. Dabei sollte die Stammzellforschung in Deutschland fest in eine durch Prioritäten getragene Forschungspolitik implementiert sein und es sollte ein ausgewogenes Verhältnis von grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung angestrebt werden.

Genome-Editing von Stammzellen

Genome-Editing bezeichnet Verfahren, bei denen einzelne DNA-Abschnitte, aber auch größere Genbereiche aus dem Genom gezielt herausgeschnitten oder durch andere DNA-Abschnitte ersetzt werden. In einem mehrstufigen Verfahren können Stammzellen in Zellkultur zuerst mithilfe von Genome-Editing-Verfahren modifiziert, dann vermehrt und in einem nächsten Schritt in den gewünschten Zelltyp differenziert werden. Genome-Editing wird unter anderem für die Herstellung von Krankheitsmodellen für die Medikamentenentwicklung genutzt. Auch ist die Rückführung von gentechnisch modifizierten Stammzellen in den Körper im Rahmen somatischer Gentherapien grundsätzlich möglich.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die neuen Techniken des Genome-Editings sollten konsequent und langfristig erforscht werden, da hier neue Möglichkeiten zur patientenspezifischen Therapie und Medikamentenentwicklung (personalisierte Medizin, auch „precision medicine", Präzisionsmedizin) für bislang nicht therapierbare Erkrankungen zu erwarten sind. Gleichzeitig sollten Sicherheits- und Risikoaspekte möglicher Anwendungen des Genome-Editings gründlich erforscht werden, da nur so eine fachkompetente Beurteilung und Abwägung der Chancen und Risiken erfolgen kann. Keimbahninterventionen mittels Genome-Editing mit potenziellen Auswirkungen auf den sich entwickelnden Menschen sollten hingegen weiterhin unterbleiben; zuvor sind in der Grundlagenforschung auch hier Chancen und Risiken hinreichend sicher zu ermitteln. Über die durch Genome-Editing aufgeworfenen ethischen und rechtlichen Fragen muss eine gesellschaftliche Debatte geführt werden.

Organoide und Stammzellen für Krankheitsmodellierung und Medikamentenentwicklung

Organoide sind dreidimensionale, organähnliche Zellverbünde, bei denen sich verschiedene Zelltypen in vitro so organisiert haben, wie es näherungsweise für das entsprechende Organ im Körper typisch ist. Organoide können krankheitsspezifische Charakteristika abbilden und das in besserer Weise als konventionelle zweidimensionale Zellkulturen. Es ist zu erwarten, dass der zunehmende Erkenntnisgewinn in der Organoidtechnologie zu neuen Anwendungen in der Biotechnologie, Biomedizin und in der Klinik führen wird. Bei der personalisierten Medizin reichen die Informationen aus dem genomischen Profil von Patienten und Patientinnen oft nicht aus, um daraus eine optimale Therapie abzuleiten. Hier setzt die Begleitdiagnostik mit Organoiden an, bei der die Wirksamkeit wie auch mögliche unerwünschte Nebenwirkungen von Medikamenten direkt an aus patientenspezifischen Stammzellen abgeleiteten Organoiden getestet werden.

Es wird empfohlen, die Forschung an Organoiden als Krankheitsmodelle und biotechnologische Testsysteme („organs-on-chips") zur individuellen Medikamententestung wie auch zum Screening nach neuen Medikamenten gezielt zu fördern. Die Möglichkeiten der Transplantation von Organoiden oder aus Organoiden abgeleiteten Geweben in der Zellersatz- und regenerativen Therapie sollten zudem in präklinischen Studien untersucht werden.

Therapeutische Anwendungen humaner pluripotenter Stammzellen

Die klinische Anwendung von aus humanen pluripotenten Stammzellen gewonnenen Zellen im Rahmen regenerativer Therapien steht seit Beginn im Fokus des wissenschaftlichen Interesses und ist erklärtes Ziel der Forschung an diesen Zellen. Erste, bis-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

her im Ausland durchgeführte klinische Studien haben inzwischen gezeigt, dass aus pluripotenten Stammzellen abgeleitete Zellen zur Behandlung einiger bislang nicht heilbarer Erkrankungen eingesetzt werden können. Derzeit werden die meisten klinischen Studien unter Verwendung von aus hES-Zellen abgeleiteten Zellen durchgeführt. Eine über klinische Studien hinausgehende Anwendung von (im Inland) aus hES-Zellen abgeleiteten Zellen für therapeutische Zwecke ist in Deutschland jedoch verboten, da das Stammzellgesetz eine Nutzung importierter hES-Zellen nur für Forschungszwecke erlaubt.

Es steht zu erwarten, dass die derzeit durchgeführten klinischen Studien mit hES-Zellen in absehbarer Zeit in erfolgreiche Therapien münden werden. Der Gesetzgeber in Deutschland sollte allein schon wegen des Grundrechts auf Leben und körperliche Unversehrtheit Patienten und Patientinnen im Inland diese Therapien nicht ohne hinreichende Begründung vorenthalten.

Ungeprüfte Stammzelltherapien

Ungeprüfte Stammzelltherapien sind stammzellbasierte Therapien, die nicht im Rahmen klinischer Studien auf ihre Sicherheit und Wirksamkeit geprüft wurden und deren Wirkstoffe daher keine behördliche Zulassung haben. Sie werden zunehmend von Patienten und Patientinnen nachgefragt und über das Internet international kommerziell angeboten. Die sich aus ungeprüften Stammzelltherapieangeboten ergebende Problematik wird in zunehmendem Maße international und national von Stammzellforschern und -forscherinnen wahrgenommen und diskutiert.

Generell sollte die Entwicklung neuer Therapien in der translationalen Medizin von „bench to bedside" (vom Labor in die Klinik) erfolgen. Bevor neue Methoden am Menschen angewendet werden, müssen sie auf wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen beruhen. Ein leichtfertiger Umgang mit Stammzellen und die Applikation von ungenügend charakterisierten Stammzellpopulationen in Patienten und Patientinnen sind unverantwortlich und gefährlich. Hier sind eine evidenzbasierte regenerative Medizin und solide klinische Studien unabdingbar. Wir sehen mit Besorgnis die in zunehmendem Maße international angebotenen ungeprüften Behandlungsangebote mit Stammzellen. In diesem Kontext sind eine ausreichende Aufklärung über den augenblicklichen Stand der Forschung sowie eine Förderung der Informationsangebote für Patienten und Patientinnen zu fordern. Komplementär dazu empfiehlt die IAG ein Monitoring der international und national angebotenen Stammzelltherapien durch die Aufsichts- und Zulassungsbehörden in Deutschland. Dies sollte auch die regulatorischen Bedingungen für die Zulassung von in Deutschland bisher nicht für Stammzelltherapien zugelassenen Arzneimitteln zum Beispiel als Advanced Therapy Medicinal Products (ATMP) vorbereiten.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Ethische und rechtliche Aspekte der Forschung an humanen embryonalen Stammzellen

Die Forschung an hES-Zellen wird in Deutschland aufgrund der Herkunft der Zellen als ethisch problematisch angesehen und die Gewinnung von hES-Zellen ist in Deutschland durch das Embryonenschutzgesetz verboten. Die Forschung an im Ausland generierten und nach Deutschland importierten hES-Zell-Linien ist zwar seit dem 01.01.2002 nach dem Stammzellgesetz (StZG) zulässig, aber nur in begründeten Ausnahmefällen und unter strengen Voraussetzungen und außerdem nur für Forschungszwecke. So verbietet zum Beispiel die sogenannte Stichtagsregelung den Import und die Verwendung aktuell international verwendeter neuerer Stammzelllinien, die nach dem 01.05.2007 gewonnen wurden (wie z. B. sog. „naiver" hES-Zellen für die Forschung oder sog. „clinical-grade" hES-Zell-Linien für die klinische Anwendung). Die bereits einmal erfolgte Verschiebung des Stichtags lässt diese Regelung als inkonsequent, kontingent und intransparent erscheinen. Zudem hat sich die in Deutschland gängige Annahme, dass die Forschung mit hiPS-Zellen eine Alternative zur Forschung mit hES-Zellen darstelle, in der Praxis nicht bestätigt. hES-Zellen sind zum einen nach wie vor oft noch alleiniger Forschungsgegenstand, zum anderen werden hiPS-Zellen und hES-Zellen häufig gemeinsam untersucht.

Die Forschung mit hES-Zellen ist in absehbarer Zeit nicht durch die Forschung an hiPS-Zellen zu ersetzen. Es handelt sich vielmehr um sich ergänzende Forschungsbereiche, deren parallele Entwicklung weiterhin unverzichtbar bleibt. Hierzu ist allerdings die Möglichkeit des Zugriffs auf hES-Zell-Linien auf dem derzeitigen Stand der Forschung für deutsche Stammzellforscher und -forscherinnen notwendig. Die aus dem StZG resultierenden Beschränkungen der Forschungsfreiheit bezogen auf die Forschung mit hES-Zellen sind zudem ethisch umstritten und verfassungsrechtlich nicht gerechtfertigt. Aus diesen Gründen empfiehlt die IAG eine Aufhebung des durch das StZG festgelegten Stichtags oder zumindest die Einführung eines gleitenden Stichtags oder eine Einzelfallprüfung. Aus denselben Gründen sollten auch die Einfuhr und die Verwendung von hES-Zellen nicht nur zu Forschungszwecken, sondern auch zu diagnostischen, präventiven und therapeutischen Zwecken zulässig sein.

Patentierung von auf humanen embryonalen Stammzellen basierenden Verfahren

Nach der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs sind Verfahren von der Patentierung ausgeschlossen, wenn sie die vorhergehende Zerstörung menschlicher Embryonen oder deren Verwendung als Ausgangsmaterial erfordern. Da hES-Zellen menschlichen Embryonen entnommen wurden, die bei diesem Vorgang zerstört wurden, greift dieses Patentierungsverbot bei hES-Zell-basierten Verfahren und Produkten.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die europäische Regelung zur Patentierung ist an sich problematisch und führt zudem zu rechtlichen Inkonsistenzen mit den Regelungen zu der in fast allen EU-Mitgliedsstaaten erlaubten Forschung an hES-Zellen und der in vielen Mitgliedstaaten ebenfalls erlaubten kommerziellen Verwendung hES-Zell-basierter Verfahren und Produkte. Ein dem entwickelten Verfahren vorausgehendes oder auch folgendes Geschehen sollte keinen Gegenstand der Patentierungsregelung darstellen, sondern den dafür maßgeblichen anderen rechtlichen Regelungen (bspw. zur Forschung und Kommerzialisierung) unterfallen.

2. Handlungsempfehlungen zur Epigenetik

Allgemeine Bedeutung der Epigenetik

Die Epigenetik ist ein bedeutendes Zukunftsthema der Lebenswissenschaften. Sie erforscht ein Spektrum von Mechanismen, die universell und essenziell für die Steuerung von Genen sind. Alle Entwicklungs- und Vererbungsprozesse sind von epigenetischen Prozessen abhängig. Die Epigenetik bietet tiefe Einblicke in die zellspezifische Nutzung der Genome und eröffnet ein neues Verständnis für Prozesse individueller Entwicklung, des Alterns und der Entstehung von Erkrankungen.

In Deutschland hat die Erforschung einiger epigenetischer Phänomene eine große wissenschaftliche und öffentliche Aufmerksamkeit erlangt. Die breite Bedeutung und der Nutzen epigenetischer Daten für die Biotechnologie und Biomedizin sind jedoch – anders als in den USA, Großbritannien und China – noch nicht in allen wissenschaftlichen Bereichen angekommen. Das Spektrum epigenetischer Forschung und die Entwicklung epigenetischer Technologien sollte daher breiter gefördert und vermehrt in biomedizinische und biotechnologische Forschungsansätze integriert werden.

Epigenetik und individuelle Anpassung

Äußere Einflüsse wie Ernährung, Klima oder Schadstoffe können epigenetische Veränderungen verursachen. Zudem führen Alterung, aber auch psychosoziale und traumatische Ereignisse zu nachhaltigen epigenetischen Veränderungen. Epigenetische Studien eröffnen so eine neue Sichtweise auf Spielräume genetisch bedingter Persönlichkeitsausbildung und deren Veränderbarkeit.

Epigenetische Studien zur Abschätzung des Einflusses von Umweltfaktoren auf unsere Gene sind von grundlegender wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Bedeutung. Solche Vergleichsstudien sind eine wichtige Basis für eine valide Abschätzung gesundheitlicher Risiken und Risikofaktoren und sollten auf gut kontrollierten und standardisierten Proben aufbauen. Die „Nationale

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Kohorte zur Erforschung von Volkskrankheiten, ihrer Früherkennung und Prävention" bietet hierzu den passenden Rahmen. Die Erkenntnisse dieser Studien sollten durch einen interdisziplinären Dialog über die Risiken und die individuelle Verantwortung für die Gesundheit ergänzt werden.

Epigenetische Vererbung

Die Möglichkeit, epigenetische Modifikationen über Generationen vererben zu können, erweitert unser Verständnis der Genetik grundlegend. Bestimmte epigenetische Informationen können und müssen von Eltern an die Nachkommen vererbt werden. Neben solchen unvermeidlichen epigenetischen Prozessen, wie zum Beispiel die „elterliche Prägung" (Imprinting) von Genen, können aber auch spontane Vererbungen auftreten, die zumeist durch äußere (Umwelt-)Faktoren induziert werden. Bei Pflanzen und in einigen Wirbellosen gibt es eine Reihe dokumentierter Beispiele für solche Vererbbarkeit. Für den Menschen kann diese Möglichkeit nicht komplett ausgeschlossen werden, sie gilt aber auch noch nicht als gesichert.

Die Möglichkeit, persönliche, epigenetisch manifestierte Merkmale generationsübergreifend zu vererben, hat eine Reihe von biologischen, gesellschaftlichen und gesundheitspolitischen Implikationen. Die bisherigen Daten hierzu bieten im Gegensatz zu dem in der Presse erweckten Eindruck nur wenige konkrete Hinweise. Es ist daher dringend erforderlich, diese Thematik systematischer zu untersuchen, um die Datenlage zu verbessern und wissenschaftlich abgesicherte Aussagen treffen zu können.

Epigenetische Diagnostik, Therapie- und Interventionsansätze

Die Epigenetik bietet ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die Entwicklung neuer Ansätze einer zell- und personenbezogenen Diagnostik. Epigenetische Biomarker werden für die Früherkennung und die differenzielle Krebsdiagnostik eingesetzt, sie gewinnen eine schnell wachsende Bedeutung für die Diagnostik von Immunerkrankungen und dienen der Qualitätskontrolle von Stammzellen. Die Nutzung von Einzelzell-Analyse-Techniken (auf der Basis von „next-generation sequencing", NGS) für die Epigenetik eröffnet eine noch tiefgreifendere Möglichkeit zellspezifischer Diagnostik. Neben der Diagnostik bietet die Epigenetik auch neue Möglichkeiten der Therapie und Intervention. Eine Reihe von Wirkstoffen, die epigenetische Prozesse beeinflussen, befinden sich in fortgeschrittener klinischer Erprobung bei Krebs und Immunerkrankungen. Aufbauend auf CRISPR/Cas-Methoden werden zudem auf verschiedenen Ebenen neue epigenetische Therapieansätze entwickelt mit dem Ziel, zellgenau fehlerhafte epigenetische Programme nachhaltig zu korrigieren.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Epigenetische Diagnoseverfahren erweitern das Spektrum für eine personenbezogene Erkennung von Veränderungen und deren gen- beziehungsweise zellgenaue Behandlung. Eine epigenetisch unterstützte personenbezogene Diagnostik wird in naher Zukunft für viele Applikationen ein integraler Bestandteil der Gesundheitsversorgung und -vorsorge in Deutschland sein. Die Entwicklung geeigneter Tests, Wirkstoffe und Verfahren sollte intensiv zum Beispiel durch „private-public partnerships" mit Pharma- und Biotechfirmen unterstützt werden. Gleiches gilt für die Entwicklung neuer epigenetischer Therapieansätze und -verfahren.

Epigenomforschung

Die genaue Kartierung epigenetischer Modifikationen, die Epigenomforschung, eröffnet tiefe Einsichten in die komplexe „Grammatik" der Gensteuerung in menschlichen Zellen. Die Epigenomforschung nutzt neueste Sequenzierungsmethoden, um präzise epigenetische Muster gesunder und erkrankter Zellen umfassend und vergleichend zu bestimmen. Im Fokus der zumeist krankheitsorientierten Epigenomforschung stehen Studien zu Krebs, Morbus Crohn, Reizdarm, Adipositas, Alzheimer, Parkinson, muskulären Dystrophien, Psoriasis, Diabetes, Rheuma und Asthma. Die vergleichende Epigenomforschung wird aber auch in vielen anderen Bereichen der „roten" und „grünen" Gentechnologie wichtige neue funktionelle Einsichten generieren.

Deutschland leistete von 2012–2018 mit dem humanen Epigenom Programm DEEP einen international wichtigen Beitrag zur Erstellung des ersten Epigenomkartenwerks menschlicher Zellen. Diese Forschung wird momentan auf vielen Ebenen fortgeführt. Als Beitrag zur funktionellen Genomforschung stellt die Epigenomkartierung einen weiteren Meilenstein für die Lebenswissenschaften, die Biomedizin und die Biotechnologie dar. Es wird notwendig sein, diese neue Forschungsaktivität national und international nachhaltig zu erhalten und mit den neuen Entwicklungen der Einzelzell-Analytik zusammenzuführen.

Epigenetik und Stammzellen

Epigenetische Prozesse spielen eine fundamentale Rolle für die Stammzellbiologie. Dies gilt sowohl für die Ausbildung eines nachhaltigen funktionalen Gedächtnisses von Körperstammzellen als auch für die Ausbildung von Pluripotenz in hES-Zellen. Von zentraler Bedeutung sind epigenetische Umbauvorgänge für die Reprogrammierung somatischer Zellen zu hiPS-Zellen. Jüngste Befunde zeigen, dass epigenetisches Monitoring genutzt werden kann, um die Qualität von Stammzellen und deren Differenzierungspotenzial zu beurteilen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die Bedeutung epigenetischer Prozesse für die Stammzellbiologie und die regenerative Medizin wird noch weitgehend unterschätzt. Die Stammzell-Epigenetik sollte mehr ins Zentrum der Grundlagen- und angewandten Forschung (Qualitätssteuerung) gerückt werden.

Epigenetik und Ethik

Die Epigenetik eröffnet ein neues Feld der Eigenverantwortlichkeit für die Lebensgestaltung und der Auswirkung und Vererbung von genregulatorischen Prozessen. Der ethisch vertretbare Umgang mit epigenetischem Wissen sowie das Recht auf Nichtwissen und auf informationelle Selbstbestimmung (z. B. über mögliche Erkrankungsrisiken), aber auch die Generierung, Interpretation, Weitergabe und Aufbewahrung epigenetischer Daten, werden wesentliche Themen des wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurses über ethisch-rechtliche Fragestellungen sein müssen. Daneben wird es auch um die Frage gehen, inwieweit wir für die eigene Gesundheit und die Gesundheit nachfolgender Generationen mitverantwortlich sind. Diese könnte schnell in eine moralische Verpflichtung umschlagen, womöglich bevor aussagekräftige Daten vorliegen.

Die mit epigenetischen Phänomenen verbundenen ethischen, rechtlichen und soziologischen Fragen sollten einem kritischen wissenschaftlichen Diskurs unterzogen werden. Dieser Diskurs muss interdisziplinär und auf nationaler und internationaler Ebene stattfinden. Hierzu müssen geeignete Foren, Strukturen und Institutionen identifiziert werden, von denen aus eine sachlich fundierte kritische Auseinandersetzung über gesellschaftliche Auswirkungen epigenetischer Themen geführt werden kann. Die wissenschaftlichen Akademien könnten hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten.

3. Handlungsempfehlungen zur Gendiagnostik

Hochdurchsatz-DNA-Sequenzierung für die Gendiagnostik

Durch die Einführung robuster Methoden zur Hochdurchsatzsequenzierung (HDS) haben sich vollkommen neue Perspektiven für die klinische Diagnostik eröffnet. Die Kenntnis des Genoms eines einzelnen Menschen in seinen funktionellen Details wird neue Möglichkeiten für die Diagnosestellung und Behandlung erschließen. Im Sinne einer personalisierten Medizin wird es zunehmend möglich sein, genomische Varianten mit bestimmten Krankheitsrisiken zu verbinden und so konkrete Aussagen über individuelle Risiken zu treffen. Mit einer präzisen molekularen Diagnose können Patientinnen und Patienten einer stratifizierten Therapie zugeführt werden. Die Anzahl

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der Gene, in denen Varianten bestimmten Krankheiten zugeordnet werden können, ist in den vergangenen Jahren auf über 5.000 gestiegen. Mit immer größerer Sequenzierungsleistung steigt gleichzeitig die Zahl jener Genvarianten an, für die keine direkte krankheitsrelevante Zuordnung erfolgen kann, was zum Beispiel die individualisierte Auswertung ganzer Genome erheblich erschwert. Im Bereich der humangenetischen Diagnostik ersetzt die HDS in Deutschland seit 2017 zunehmend konventionelle Methoden der Einzelgen- und Panelsequenzierung (Untersuchung von ganzen Gensets). Die Bestimmungen zur Anerkennung humangenetischer Leistungen durch die Krankenkassen bleiben dabei allerdings noch deutlich hinter den Möglichkeiten der technischen Entwicklung im HDS-Bereich zurück.

Die HDS ist eine sich extrem schnell entwickelnde Kerntechnologie der molekularen Gendiagnostik. Die durch HDS gewonnenen komplexen Genomdaten eröffnen ein breites Spektrum neuer Möglichkeiten für die genetische Diagnostik und eine patientenorientierte Therapie. Die Nutzung der neuesten HDS-Plattformen für die diagnostische Forschung und deren praktische klinische Anwendung sollte daher mit hoher Priorität gefördert werden.

Stand der Genomsequenzierung in Deutschland

HDS-Daten werden in der klinischen Forschung zunehmend für eine differenzierte Krebsdiagnostik und für die Erforschung komplexer Erkrankungen genutzt. In der breiteren klinischen Praxis ist die Nutzung von Genomdaten jedoch noch nicht angekommen. Dies liegt an einer Reihe von hindernden Faktoren. So sind die Kosten für die Ermittlung einer individuellen Genomsequenz mit einer hohen Genauigkeit für die medizinische Diagnostik immer noch relativ hoch (ca. 800–1000 US$ für eine Genomsequenzierung, die zudem privat zu tragen sind). Zudem existiert keine standortübergreifende einheitliche Dateninfrastruktur, die eine rechtlich abgesicherte, nachhaltige und sichere Lagerung im klinischen Alltag erlauben würde.

Im Bereich der diagnostischen Bewertung bereiten die unerwartet hohe Komplexität und die Variantenfülle individueller Genome außerdem eine Reihe von Problemen. Es ist (noch) zu arbeits- und kostenintensiv (und mit den Standardsequenzierungsverfahren auch kaum zu leisten), alle Varianten zu erfassen, um gesundheitsrelevante Veränderungen klar und eindeutig zuordnen zu können. Ausnahmen sind monogen verursachte Erkrankungen mit klar definiertem Erbgang einzelner genetischer Varianten. Für eine umfassende Diagnostik polygen mitbedingter Krankheiten muss eine Bandbreite von HDS-Technologien eingesetzt werden, damit man auch strukturell relevante Varianten präzise erfassen kann. Für eine klare Zuordnung bedarf es zudem umfangreicher und genauer Referenzdatenbanken. Um einigen dieser Probleme zu begegnen,

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

wurde kürzlich unter anderem eine Genom-Allianz nahezu aller europäischen Länder (leider ohne Beteiligung von Frankreich und Deutschland) mit dem Ziel gegründet, umfassende Referenzdaten koordiniert zu sammeln und gemeinschaftlich zu nutzen. Schließlich bedarf es vereinfachender Methoden und Kommunikationsplattformen, um entscheidungsrelevante diagnostische Informationen dem behandelnden Spezialisten zu übermitteln. Für die klinische Nutzung genomischer HDS-Daten muss zudem ein rechtssicherer und darüber hinaus ethisch vertretbarer Rahmen geschaffen werden, zu dem auch das Recht sowohl auf Wissen als auch auf Nichtwissen gehört. Dies betrifft vor allem den Umgang mit bei der Diagnostik unbeabsichtigt anfallenden Nebenbefunden („incidental findings"), deren Bewertung und Kommunikation zu regeln sind. Die Diskussionen über den Anwendungsrahmen genomischer Daten werden zur Zeit weltweit geführt und Empfehlungen, Standards und praktische Vorschläge durch Initiativen wie die Global Alliance for Genomics and Health (GA4GH) ausgearbeitet.

Die gegenwärtigen HDS-Technologien ermöglichen einen tiefen, aber nicht alle Aspekte umfassenden Einblick in die Komplexität der genomischen Struktur eines Individuums. Von relativ klar definierten Fällen abgesehen, ist die sichere Beurteilung der meisten genetischen Varianten immer noch ein ungelöstes Problem. Die Bewertung gesamt-genomischer Daten muss diesen Unsicherheitsrahmen mit einbeziehen. Deutschland sollte sich an weltweiten Initiativen und Allianzen beteiligen, um an der Entwicklung international gültiger wissenschaftlicher, rechtlicher und ethischer Regelungen und Standards mitzuarbeiten. Auf der Grundlage umfassender, international vernetzter Datenbanken müssen dabei einheitliche und verlässliche Methoden der Interpretation komplexer genetischer Daten als eine Grundvoraussetzung für ihre praktische klinische Nutzung geschaffen werden. Hierzu notwendige Daten und Sicherheitsstrukturen sollten im öffentlich geförderten Raum entstehen und nicht dem privaten Markt überlassen werden.

Erste Ergebnisse großer internationaler Studien (u. a. „100.000 Genomes UK") verdeutlichen, dass HDS im großen Maßstab durchführbar ist. Die Komplexität der Datenerfassung und -auswertung stellt die Medizin allerdings vor große Probleme. Infrastrukturen für die Nutzung, Bearbeitung und Qualitätssicherung von HDS-Genomdaten sind nur an wenigen Standorten vorhanden. Es fehlt zudem noch an geschultem Fachpersonal für die praktische Auswertung und Interpretation genetischer Sequenzdaten. An universitäre Kliniken angegliederte Genom-Zentren sind für die fachliche Begleitung und eine nachhaltige Aus- und Weiterbildung am besten geeignet. Ein privates „Outsourcing" der Datenproduktion ist nur in klar indizierten Aufgabenbereichen denkbar und sollte durch Regeln für den Umgang mit privaten Daten ergänzt werden. Da der Großteil humangenetisch relevanter Patientenkontakte auf niedergelassene Humangenetiker entfällt, ist die Entwicklung neuer Kooperations- und Interaktionsformen

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

zwischen Zentren, Kliniken und niedergelassenen Humangenetikern von großer Wichtigkeit.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) haben sich daher in jüngsten Positionspapieren klar für einen systematischen Ausbau von national geförderten HDS-Zentren im Bereich der Forschung und der klinischen Anwendung ausgesprochen. Die DFG hat 2018 ein erstes forschungsorientiertes Förderprogramm für fünf bundesweit verteilte NGS-Zentren realisiert. Diese Zentren werden humangenetisch orientierte Forschung jedoch nur in begrenztem Umfang unterstützen können. Maßnahmen des BMBF für die infrastrukturelle Verbesserung im klinischen Bereich sind im Positionspapier angekündigt, aber noch nicht realisiert.

Die Entwicklung HDS-basierter medizinischer Diagnostik schreitet mit großen Schritten stetig voran. Um mit dieser Entwicklung Schritt halten und eine breite klinische Nutzung ermöglichen zu können, muss die dazu benötigte Infrastruktur in Form bioinformatisch-medizinischer Analysezentren geschaffen werden. Es muss außerdem für eine breite Ausbildung von interdisziplinär geschultem Fachpersonal Sorge getragen werden. Der medizinische und gesetzliche Rahmen sollte so gestaltet werden, dass sowohl der medizinische Nutzen als auch der Schutz personenbezogener Genomdaten gewährleistet bleiben. Der Schaffung umfangreicher, auch den Belangen genetisch definierter Subpopulationen Rechnung tragender Datenbanken für die Interpretation krankheitsrelevanter Sequenzvarianten kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die begleitende Analyse von Chancen und Risiken genetischer Vielfalt und deren Bedeutung für gentechnische Eingriffe (Genomchirurgie) sollten Gegenstand der gendiagnostischen Forschung sein.

Zusätzlich zur HDS-basierten Diagnostik individueller genetischer Varianten eröffnen sogenannte Single-Cell-Omics-Technologien (SCOT) vollkommen neue Perspektiven für eine zell- und gewebespezifische funktionelle Gendiagnostik. Besonders hervorzuheben sind die Möglichkeiten, Genaktivitäten einzelner Zellen durch HDS ihrer Transkripte präzise und alle Gene einschließend messen zu können. Zusammen mit weiteren modernen HDS-Technologien, die eine Erfassung räumlicher Strukturen im Zellkern (4D-Nucleome) oder eine basengenaue Kartierung epigenetischer Veränderungen (Epigenomik) ermöglichen, werden SCOT die funktionelle Gendiagnostik auf eine grundlegend neue Ebene stellen. Single-Cell-Technologien unterliegen gegenwärtig einer extrem schnellen technischen Entwicklung (hinsichtlich ihrer Genauigkeit und ihres quantitativen Durchsatzes). Sie werden jedoch in naher Zukunft einen Standard erreichen, der sie in den Anwendungsbereich klinischer Forschung bringen wird. Die Zukunft der humangenetischen Diagnostik liegt zweifelsohne in der Verbindung

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

zwischen Genomsequenzierung und einer auf Einzelzellanalysen aufbauenden funktionellen Genomik.

Die Möglichkeiten und Entwicklungen HDS-basierter Diagnostik schreiten sehr schnell voran. Single-Cell-Technologien, Epigenomics und 4D-Nucleomeforschung sind hier besonders hervorzuhebende Beispiele. Sie liefern ergänzende funktionell-informative Daten für eine zellspezifische Präzisionsdiagnostik. Das Knowhow im Umgang mit Epigenomik, 4D-Nucleome- und Single-Cell-Technologien ist in Deutschland gegeben. Deutschland sollte sich intensiv an der Erforschung der sich hier neu eröffnenden Möglichkeiten beteiligen, um den Weg für umfassende Gendiagnostik und funktionelle Genomik zu ebnen.

4. Handlungsempfehlungen zur somatischen Gentherapie

Technologieentwicklung und -anwendung

Nach einzelnen Rückschlägen Ende der 1990er Jahre hat sich die Forschung zur somatischen (auf Körperzellen bezogenen) Gentherapie seit einigen Jahren konsolidiert. Als bahnbrechende Ereignisse der letzten Jahre sind die Erfolge in der Krebsimmuntherapie mit sogenannten CAR-T-Zellen und die Entwicklung effizienter Techniken der Genomchirurgie (CRISPR/Cas9) zu nennen. Auch wenn inzwischen mehrere klinische Anwendungen der somatischen Gentherapie lizenziert wurden, ist diese weiterhin als experimentelles Therapieverfahren anzusehen, welches vor allem im Rahmen klinischer Studien entwickelt wird.

Die präklinische Forschung konzentriert sich weiter vor allem auf die Entwicklung effizienterer, sichererer Verfahren und Vektoren (Genfähren) für den Gentransfer. Obwohl eine große Vielfalt an Gentransfervektoren wie auch -methoden existiert, gibt es keinen singulären Vektor, der alle Kriterien eines „idealen Vektors" erfüllt. Stattdessen eignen sich die einzelnen Vektoren jeweils unterschiedlich gut für definierte Anwendungen, sodass für viele Gentherapiestrategien ein jeweils optimaler Vektor definiert und hergestellt werden kann. Auch für die klinische Anwendung des somatischen Genome-Editing sind effiziente Gentransfermethoden von höchster Relevanz. In dem äußerst weiten Feld der Entwicklung klinisch einsetzbarer Gentransferstrategien und -methoden sind zahlreiche deutsche Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aktiv.

Auch die klinische Gentherapie hat sich in den letzten Jahren, weitgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit, vergleichsweise rasant entwickelt. Fortschritte wurden bei der Behandlung monogen verursachter Erbkrankheiten (Immunerkrankungen, Hämophilie, Blindheit, Stoffwechselerkrankungen) erzielt, für die oft keine oder nur sehr riskante Therapiealternativen existieren. Auch bei der dem Umfang nach bedeutsame-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ren Gentherapie von Krebserkrankungen wurden bemerkenswerte Erfolge erreicht. Dies betrifft sowohl Ansätze zur direkten Eliminierung maligner (bösartiger) Zellen als auch zur Immuntherapie mit genetisch modifizierten Lymphozyten (Schutzzellen des Immunsystems), wo auch erste Zulassungen von Genarzneimitteln zu verzeichnen waren. Auf allen Gebieten laufen internationale, oft multizentrische klinische Studien der Phasen II und III, welche die Effizienz der Gentherapie analysieren. Erfolgreiche Effizienzstudien (insbesondere der Phase III) stellen die Voraussetzung für die klinische Zulassung neuer Therapien dar. Als ein deutliches Zeichen für die klinischen Erfolge der Gentherapie kann auch der (Wieder-)Einstieg großer Pharmafirmen in das Feld ab 2010 angesehen werden.

Forschung in Deutschland

Insgesamt konnte Deutschland seine führende Rolle im Bereich der Gentherapieforschung im Wesentlichen halten, was sich nicht zuletzt in entscheidenden Beiträgen zur Entwicklung von Technologien des Genome-Editings (TALEN, CRISPR/Cas9) widerspiegelt. Hierzu hat die Förderung mehrerer Verbundprojekte durch nationale Geldgeber wie DFG und BMBF entscheidend beigetragen.

Besonders bei der Vektorentwicklung machen sich die Verbindung von grundlagenwissenschaftlicher und anwendungsorientierter Forschung in vielen Instituten sowie die ausgezeichnete Vernetzung von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sowie Klinikern und Klinikerinnen innerhalb Deutschlands sehr bezahlt. Die Förderung vernetzter Strukturen sollte daher unbedingt fortgesetzt werden. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in Deutschland sind auch in internationalen Konsortien und im Rahmen der Sicherheitsanalyse internationaler Studien aktiv und leisten auch in der Sicherheitsforschung weiterhin wichtige Beiträge.

Klinische Studien in Deutschland

Hinsichtlich der Durchführung eigener klinischer Studien kam es in den letzten Jahren in Deutschland dagegen zu einem weitgehenden Stillstand. Obwohl Akteure in Deutschland auch in dieser Zeit, nicht zuletzt im Rahmen großer Forschungsverbünde, signifikante Beiträge zur Grundlagen- und translationalen Forschung geleistet haben, gelingt kaum die Umsetzung in klinische Studien. Aktuell finden die weitaus meisten Gentherapiestudien in den USA, China und Großbritannien statt. Auch im kumulativen Ranking der seit 1990 zugelassenen und durchgeführten Gentherapiestudien wird Deutschland seinen dritten Platz (hinter den USA und Großbritannien) voraussichtlich noch im Jahr 2018 verlieren.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Grund hierfür sind sowohl die limitierten Mittel öffentlicher Geldgeber für solche Studien als auch die geringe Unterstützung vonseiten der Industrie in Deutschland. Eine weitere Ursache für die schleppende Translation der bisher noch konkurrenzfähigen Gentherapieforschung in klinische Studien ist in den komplexen deutschen Regularien zu sehen. Diese führen dazu, dass sich die Durchführung akademischer klinischer Studien für die Universitätsklinika extrem aufwendig gestaltet, während zugleich die zunehmende Ökonomisierung der Hochschulmedizin kaum noch Raum für die Realisierung experimenteller Therapieansätze lässt. Zusammengenommen scheinen sich diese Negativfaktoren in zunehmendem Maße zu addieren und zu einem signifikanten Hemmnis für die Umsetzung der Innovationen der akademischen Gentherapieforschung in Deutschland zu werden, wie sich dies zuletzt auch beim Genome-Editing manifestiert hat. Die IAG empfiehlt daher die Implementierung strukturierter Programme zur Förderung der klinischen Translation innovativer zell- und gentherapeutischer Ansätze.

Enhancement-Anwendungen und Keimbahntherapie

Nicht therapeutische Eingriffe in das menschliche Genom (sog. genetisches Enhancement) sind derzeit vor allem im Zusammenhang mit Gendoping Gegenstand der Diskussion. Je geringer die therapeutische Dringlichkeit einer Maßnahme ist, desto stärker fallen die damit verbundenen Risiken ins Gewicht.

Die im Einzelfall schwierige Abgrenzung von Therapie und Enhancement beziehungsweise Doping im Kontext gentherapeutischer Verfahren verlangt eine Intensivierung der ethischen Reflexion.

Die Keimbahntherapie ist nach § 5 Abs. 1 Embryonenschutzgesetz verboten. Der Gesetzgeber hat sein Verbot mit den irreversiblen Folgen der in der Experimentierphase zu erwartenden Folgen begründet.

In der Tat ist bei gegenwärtigem Erkenntnisstand nicht sichergestellt, dass Modifikationen des Genoms ohne unerwünschte Nebenwirkungen möglich sind. Aufgrund aktueller Entwicklungen, zum Beispiel im Bereich induzierter pluripotenter Stammzellen und deren Differenzierbarkeit in Keimbahnzellen, ist allerdings davon auszugehen, dass das Verbot der Keimbahntherapie technisch bereits umgehbar wäre. Auch dies unterstreicht die bereits oben angesprochene Notwendigkeit der Novellierung des Embryonenschutzgesetzes.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

5. Handlungsempfehlungen zur grünen Gentechnologie

Technologieentwicklung und -anwendung

Der weltweite und stetig zunehmende Anbau gentechnisch veränderter (transgener) Sorten konzentriert sich weiterhin überwiegend auf die vier Nutzpflanzenarten Soja, Mais, Baumwolle und Raps, sowie auf die Merkmale Schädlingsresistenz und Herbizidtoleranz. Der Anteil von Pflanzen mit sogenannten „stacked traits", also solchen mit mehr als einem durch einen gentechnischen Eingriff vermittelten Merkmal, hat dabei in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Diese globale Entwicklung steht im Gegensatz zur Situation in Deutschland. Hier findet inzwischen kein kommerzieller Anbau transgener Pflanzen mehr statt (siehe unten: Forschung in Deutschland). International gesehen entwickelt sich das Forschungsgebiet der grünen Gentechnologie unverändert äußerst dynamisch weiter. Bezogen auf die grundlagenorientierte Forschung ohne Freilandexperimente gilt dies auch in Deutschland. Wenn deutsche Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen Freilandversuche mit transgenen Pflanzen durchführen wollen, tun sie dies derzeit im Ausland.

Forscher und Forscherinnen arbeiten gegenwärtig an gentechnisch veränderten Pflanzen der zweiten und dritten Generation; dabei handelt es sich um Pflanzen mit neuartigen Eigenschaften, die über die „klassischen" Eigenschaften transgener Pflanzen der ersten Generation (Schädlingsresistenzen und Herbizidtoleranzen) hinausgehen. Die Züchtungsziele haben sich – auch aufgrund zunehmenden Wissens über biologische Prozesse und deren zugrunde liegende genetische Grundlagen – ausdifferenziert: Trocken- und Salztoleranz gehören ebenso dazu wie Resistenzen gegen Insekten und Krankheitserreger, verbesserte Nährstoffnutzung, Ertragssteigerung sowie Qualitätsverbesserungen für die Bereitstellung von Rohstoffen, Medikamenten (sog. „plant made pharmaceuticals") sowie Biotreibstoffen der zweiten Generation.

Solche und andere zukunftsorientierte Anwendungen der grünen Gentechnologie wie eine verbesserte Nährstoffzusammensetzung und -nutzungseffizienz oder die Optimierung von Kulturpflanzen für den Anbau in Entwicklungs- und Schwellenländern sollten in Deutschland weiter entwickelt und auch öffentlich gefördert werden. Eine öffentliche Förderung gewährleistet hierbei, dass auch Forschungsziele formuliert und adressiert werden, die nicht von industrieller Gewinnmaximierung dominiert sind.

Genomsequenzierung von Pflanzen

Flankiert werden diese Arbeiten durch eine umfassende Bestandsaufnahme der zellbiologischen und physiologischen Abläufe (z. B. Transkriptom-, Proteom- und Meta-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

bolomforschung) und die vollständige Sequenzierung einer stetig wachsenden Anzahl von Pflanzengenomen. Durch vergleichende Analysen und mit starker Unterstützung durch die Bioinformatik werden zunehmend Genvarianten (Allele) mit definierten biologischen Funktionen assoziiert. Verstärkt entwickelt und eingesetzt werden international an unterschiedlichen Standorten auch neue Techniken für die Analyse des pflanzlichen Wachstums (z. B. „bioimage informatics"). Damit wird es möglich, die Bedeutung von Genen und Allelen für das Wachstum und die Biomasseakkumulation zunehmend besser zu verstehen, was wiederum der Pflanzenzucht zugutekommt. Deutschland ist in diesem Bereich – auch dank deutlicher Förderung durch das BMBF – am Aufbau von international sichtbaren und konkurrenzfähigen Phänotypisierungsplattformen beteiligt.

Um den Anschluss an die international rasch fortschreitende (Kultur-)Pflanzenforschung nicht zu verlieren und um diese aktiv weiter zu entwickeln, sollte sich Deutschland auch in Zukunft deutlich im Bereich der Pflanzengenomforschung engagieren. Dies gilt nicht nur für die Forschung an „klassischen" Kultursorten, die züchterisch – unter anderem angesichts des Klimawandels – weiterentwickelt werden müssen, sondern auch für die Forschung an sogenannten „orphan crops", die beispielsweise in bestimmten Entwicklungsländern (z. B. Teff in Äthiopien) eine wichtige Rolle für die Ernährung spielen. Darüber hinaus sollte sich Deutschland an internationalen Genom-, Proteom- und Metabolom-Studien beteiligen, die der Erfassung der globalen Biodiversität sowie der züchterischen beziehungsweise gentechnischen Entwicklung neuer, zukünftiger Kulturpflanzensorten dienen. Deutschland kann damit seine aktuell deutlich sichtbare Stellung in der Pflanzengenomforschung nicht nur aufrechterhalten, sondern darüber hinaus auch wegweisend sein für zukünftige Entwicklungen.

Genome-Editing an Pflanzen

Inzwischen gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher neuer Methoden, die es erlauben, genetische Veränderungen an Pflanzen gezielter und besser kontrollierbar durchzuführen als bisher. Dazu gehören etwa die zielgenaue Ausschaltung einzelner Gene oder die gezielte Genommodifikation mithilfe von Enzymen, die definierte DNA-Sequenzen erkennen und schneiden können. Mittels neuer molekularbiologischer Verfahren (TALENs, CRISPR/Cas9, Chimeraplasten) kann die Erbinformation auch so modifiziert werden, dass dabei keine transgenen – also artfremde Gene enthaltenden – Pflanzen entstehen. Darüber hinaus ist es inzwischen möglich, die pflanzliche Erbinformation gezielt zu verändern, ohne dass diese zuvor mittels einer Nuklease geschnitten werden muss; dies geschieht mithilfe eines technologisch weiterentwickelten Cas9-Proteins, das eine enzymatische Veränderung einzelner DNA-Basen bewirkt. Die dabei erzielten Verän-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

derungen der DNA gleichen denen, die durch klassische chemische Mutagenese etwa mittels der Chemikalie EMS (Ethylmethansulfonat) erreicht werden können. Während jedoch die traditionelle EMS-Mutagenese vollkommen unkontrolliert die Erbinformation verändert, was zu unerwünschten und sogar zu risikobehafteten Veränderungen führen kann, sind Veränderungen mittels der neuartigen Cas9-Varianten sehr viel spezifischer. Mit der Verfügbarkeit dieser neuen Genome-Editing-Verfahren verwischen die Grenzen zwischen klassischer Züchtung, bei der chemische oder physikalische (z. B. Strahlung) Methoden zur Veränderung der Erbinformation eingesetzt werden, und modernen Züchtungsverfahren. Ein weiteres Beispiel sind sogenannte cisgene Pflanzen, die zwar mit gentechnischen Methoden hergestellt werden, für deren Herstellung jedoch ausschließlich auf arteigenes genetisches Material (bzw. das von kreuzbaren nahen Verwandten) zurückgegriffen wird, sodass keine natürlichen Artgrenzen überschritten werden. Die Beiträge der Gentechnologie zur modernen Pflanzenzüchtung reichen somit weit über die Herstellung transgener Pflanzen hinaus. Gentechnische Verfahren haben auch wesentlich dazu beigetragen, das Wissen über einzelne Gene und ihre Bedeutung für den Phänotyp zu erweitern und die SMART-Breeding-Technologie (Präzisionszüchtung) zu etablieren, bei der genetische Informationen für die Züchtung genutzt werden, ohne gentechnische Veränderungen an den Pflanzen vorzunehmen.

Deutschland sollte die Entwicklung von Genome-Editing-Technologien – insbesondere für die Züchtung von Kulturpflanzen – intensiv vorantreiben. Die Initiative des BMBF zur Förderung der Weiterentwicklung bestehender Genome-Editing-Technologien ist klar zu befürworten. Deutschland muss hier auch in Zukunft hinreichend finanzielle Mittel zur Verfügung stellen.

Forschung in Deutschland

Auf dem Gebiet der Pflanzenforschung ist Deutschland eines der führenden Länder und ist auch international sichtbar und konkurrenzfähig. Allerdings gilt dies nur für die Forschung unter Laborbedingungen. Freilandversuche sind in Deutschland inzwischen kaum noch möglich und werden daher in der Regel im Ausland durchgeführt. Hierzu tragen die Überregulierung, die Haftungsrisiken und die verbreitete absichtliche Zerstörung von Pflanzen in Freilandversuchen bei. Bei allem Respekt vor kritischen Haltungen zur grünen Gentechnologie ist die mutwillige Zerstörung von Freilandversuchen weder ein legitimes Mittel des Protestes noch rechtsstaatlich tolerierbar. Dass anwendungsbezogene Forschung fast ausschließlich im Ausland stattfindet, ist ein großer Nachteil für deutsche Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen und Firmen. Die drohende Abkoppelung der deutschen Forschung von internationalen Forschungsprogrammen zur grünen Gentechnologie auf der Ebene der Anwendungsforschung gilt es

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ebenso zu verhindern wie die weitere Abwanderung der gewerblichen Forschung und der Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen ins Ausland, welche den dauerhaften Verlust wissenschaftlicher Expertise bedeutet.

Das wissenschaftliche und personelle Know-how auf dem Gebiet der grünen Gentechnologie muss als Motor zukünftiger Innovationen langfristig in Deutschland gesichert werden. Auch für die Risikobewertung gentechnisch veränderter Pflanzen, die aus anderen Regionen der Welt in die EU und nach Deutschland eingeführt werden, ist sicherzustellen, dass weiterhin hinreichend ausgebildetes Personal zur Verfügung steht. Hierfür und für die ökologische Sicherheitsforschung, bei der Deutschland zu den führenden Ländern gehört, sind Freilandexperimente unabdingbar. Mutwillig herbeigeführte Feldzerstörungen sind klar als unrechtmäßig zu deklarieren und mit rechtsstaatlichen Mitteln zu verfolgen.

Anbau

In Europa bieten Lebensmittelhersteller und Lebensmittelhandel aufgrund der verbreiteten öffentlichen Vorbehalte gegen genveränderte Nahrungsmittel und wegen des organisierten gesellschaftlichen Drucks gegenwärtig fast keine Lebensmittel an, bei denen der Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen ausgewiesen ist. Die Durchsetzung der Gentechnik im Lebensmittelbereich hängt sicher auch von der weiteren Entwicklung der Produkte der grünen Gentechnik und dem Produktbedarf ab. In Deutschland werden, anders als in vielen Ländern weltweit, gentechnisch veränderte Sorten in den nächsten Jahren keinen nennenswerten Anteil am Anbau einnehmen. Gleichzeitig findet die Gentechnik im Lebensmittelbereich sehr wohl auch in Deutschland Anwendung, zum Beispiel in Form von Lebensmittelzusatzstoffen aus gentechnisch veränderten Mikroorganismen oder als Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen. Hierbei beschränkt sich die Vermarktung an Endverbraucher in Deutschland ganz bewusst auf Produkte, die nicht der Kennzeichnungspflicht unterliegen.

Zukünftige Bedeutung

Die Vielfalt der heute verfügbaren Methoden und Anwendungen sowie die in den letzten Jahren erzielten wissenschaftlichen Erfolge deuten darauf hin, dass die Bedeutung der Gentechnologie und molekularer Analyseverfahren für die Pflanzenzüchtung auch in den kommenden Jahren weiter erheblich zunehmen wird. Wie sich diese Entwicklung auf den kommerziellen Anbau in Deutschland auswirken wird, ist jedoch zum jetzigen Zeitpunkt unklar.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die Veränderung der pflanzlichen Erbinformation ist die Grundlage jeden züchterischen Fortschritts. Diesem Ziel dienen auch traditionelle gentechnische Verfahren sowie die neuen Verfahren des Genome-Editings. Deutschland sollte sich daran beteiligen, die technologische Basis für die Nutzung und Weiterentwicklung dieser methodischen Ansätze sicherzustellen. Dabei sind auch die regulatorischen Rahmenbedingungen so zu gestalten, dass technologischer Fortschritt nicht sachgrundlos blockiert wird.

Risikoabschätzung

Abstrakte Einwände gegen die Sicherheit der grünen Gentechnologie können nicht als zentrales Argument gegen den Einsatz von Transformationstechniken bei Pflanzen herangezogen werden. Nach über zwei Jahrzehnten ihrer Nutzung existiert kein wissenschaftlicher Beleg dafür, dass zugelassene transgene Pflanzen besondere negative gesundheitliche Wirkungen besitzen. Anders lautende öffentliche Berichte konnten einer wissenschaftlichen Prüfung nicht standhalten. Mögliche ökologische Effekte ebenso wie potenzielle gesundheitliche Risiken sind im Rahmen der Zulassung von gentechnisch veränderten Pflanzen für den Einzelfall zu überprüfen.[3] Dabei muss ausgeschlossen werden, dass ihr Anbau zur Verschärfung der ökologischen Probleme der heute üblichen Landwirtschaftspraxis führt.

Die umfangreiche wissenschaftliche Überprüfung möglicher Risiken durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat sich bewährt, und der wissenschaftlichen Qualität der Expertise ist keine konkrete Fehlerhaftigkeit vorzuwerfen. Das in der EU gültige Vorsorgeprinzip sollte nicht dazu missbraucht werden, den Einsatz von gentechnisch veränderten beziehungsweise genomeditierten Pflanzen ohne konkrete wissenschaftliche Hinweise auf eine Gefährdung von Natur oder Mensch einzuschränken. Wenn die politische Entscheidungsfindung anderen Kriterien folgt, sollte dieses transparent gemacht werden.

6. Handlungsempfehlungen zur synthetischen Biologie

Ziele und Stand der Forschung

In der synthetischen Biologie wird Biologie als Ingenieurwissenschaft verstanden, mit dem langfristigen Ziel, Zellen und ihre Komponenten – Erbinformation, Proteine, regu-

3 Die rechtliche Regelung der grünen Gentechnologie in Deutschland sowie im internationalen Vergleich wird im Themenband „Grüne Gentechnologie" der IAG *Gentechnologiebericht* ausführlich vorgestellt (Müller-Röber et al., 2013). Dort werden auch gesundheitliche und ökologische Risiken diskutiert.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

latorische Netzwerke und mehr – aus standardisierten biologischen oder chemischen Konstruktionselementen aufzubauen oder bestehende Zellen mit solchen zu modifizieren, sodass neue Lebensformen mit neuen Eigenschaften entstehen. Die in der synthetischen Biologie verfolgten Einzelziele sind äußerst vielfältig und schließen unter anderem potenzielle Anwendungen in der industriellen Biotechnologie, Humanmedizin, Pflanzenbiotechnologie und Umweltbiotechnologie mit ein. Die dominierenden Forschungsbereiche sind gegenwärtig das genombasierte Engineering von (Minimal-) Zellen, die Protozellenforschung, das Engineering von Stoffwechselwegen und die DNA-basierte Herstellung von technischen Objekten („DNA device design"). Je nach Konstruktionsverständnis wird hier von Top-down- oder Bottom-up-Ansätzen gesprochen.

Top-down-Ansätze arbeiten an der Vereinfachung existierender komplexer biologischer Systeme. Wichtige Strategien in diesem Bereich sind die Reduktion der Genomgröße, die Stabilisierung von Genomen zum Beispiel durch das Entfernen von Rekombinationshotspots, Methoden zur Kanalisierung („channeling") von spezifischen Funktionen oder Prozessen sowie die Entwicklung von orthogonalen biochemischen Systemen (d. h. solchen, die spezielle Funktionen innerhalb der Zellen ausüben, ohne endogene Funktionen zu stören oder von diesen beeinflusst zu werden). Bottom-up-Ansätze hingegen erzeugen synthetische Systeme aus einzelnen chemischen oder biologischen Komponenten durch eine schrittweise Steigerung der Komplexität. Ein prominentes Beispiel hierfür ist die sogenannte Protozellenforschung, die bisher jedoch noch größtenteils die Tradition früherer Arbeiten zu selbstorganisierenden chemischen Systemen fortsetzt. Von der medial regelmäßig adressierten „Erschaffung von Leben im Labor" ist die Forschung tatsächlich noch weit entfernt, obwohl in den letzten Jahren signifikante methodische Fortschritte in einzelnen Forschungsbereichen erzielt wurden.

Die hohe Komplexität biologischer Systeme verlangt hier die konsequente Weiterentwicklung von Modellen und Methoden, um biologische Systeme in Zukunft für biotechnologische Anwendungen sowohl funktional als auch robust planen und erzeugen zu können. Global gesehen entwickelt sich die synthetische Biologie in einigen Ländern (u. a. USA, UK) in rasantem Tempo. Deutschland sollte sich angesichts des großen Anwendungspotenzials der synthetischen Biologie verstärkt in dieser Forschungsrichtung engagieren, um zukünftige Innovationen in diesem Bereich aus Deutschland heraus zu befördern.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Biosicherheitsaspekte

Die zuverlässige Gewährleistung der biologischen Sicherheit stellt einen wichtigen Aspekt der Forschung im Bereich der synthetischen Biologie für Anwendungen im Freiland dar, wohingegen für Anwendungen im Labor („contained use") die Sicherheitsstandards, wie sie sich für Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen (GVO) seit Jahrzehnten bewährt haben, zumindest auf absehbare Zeit ausreichend sein werden. Um die mit einer beabsichtigten Freisetzung von Bakterien oder anderen Mikroorganismen möglicherweise verbundenen Risiken zu minimieren, wurden mehrere Biosicherheitssysteme entwickelt. Diese streben unter anderem an, das Überleben von Mikroorganismen außerhalb des Labors oder einen horizontalen wie auch vertikalen Gentransfer[4] zwischen synthetischen und natürlichen Organismen auszuschließen. Zu den genetischen Systemen, die eine Ausbreitung synthetischer Organismen in der Natur verhindern, gehören unter anderem sogenannte Auxotrophien. Dabei sind die synthetischen Zellen in ihrem Wachstum von bestimmten Verbindungen abhängig, die sie selbst nicht synthetisieren können – im Idealfall solchen Verbindungen, die in der Natur nicht vorkommen. Um einen horizontalen Gentransfer (HGT) zu verhindern, ist eine Selbstzerstörung der genetischen Information erforderlich; hierfür stehen mehrere Mechanismen zur Verfügung. Darüber hinaus wird das Konzept der „genetischen Firewall" als eine weitere Möglichkeit angesehen, die Übertragung von Informationen aus transgenen Arten zu verhindern. Ein „Minimaler-Genom"-Ansatz bietet zusätzlich die Möglichkeit, das Genom einer Zelle auf die notwendigsten Gene zu reduzieren, sodass diese lediglich unter Laborbedingungen überleben kann. Darüber hinaus könnte der Wechsel zu zellfreien Systemen, denen jegliche Replikationsfähigkeit fehlt, als ultimatives Biosicherheitssystem angesehen werden.

Chemisch-synthetische Ansätze und das Konzept der „genetischen Firewall"

Chemisch orientierte Ansätze in der synthetischen Biologie zielen auf die Umgestaltung von biologischen Systemen durch nicht natürliche Moleküle oder Molekülteile. Das langfristige Ziel ist die Erzeugung von lebenden Zellen mit vererbbaren chemischen Veränderungen auf DNA- und Proteinebene. Erste Erfolg versprechende Forschungsprojekte zur künstlichen Evolution in Bakterien haben gezeigt, dass die gezielte Veränderung des genetischen Codes möglich ist. In Zukunft sind hier künstliche Zellen mit erweiterter Codierungskapazität oder auch einem gänzlich naturfremden

4 Ein Gentransfer sowohl über die Abstammungslinie von einem Organismus an dessen Nachkommen (vertikal) als auch von einem Organismus an einen anderen bestehenden Organismus (horizontal) soll verhindert werden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

DNA-Code vorstellbar. Über diesen Forschungsansatz könnten gezielt alternative oder neuartige Substanzen in Zellen eingeschleust werden – die moderne organische Chemie bietet hier nahezu grenzenlose strukturelle Gestaltungsmöglichkeiten. Außerdem wären derartige orthogonale Systeme aufgrund der Universalität der DNA-Codierung von natürlichen Systemen genetisch isoliert. Diese Inkompatibilität würde den Transfer von genetischem Material zwischen synthetischen und natürlichen Organismen unterbinden und sozusagen als „genetischer Schutzwall" die biologische Sicherheit von gentechnisch veränderten Zellen erhöhen. Auf der anderen Seite würden auch solche modifizierten Systeme bei Freilassung in die Umwelt ökologischen und evolutionären Bedingungen unterliegen und wären, etwa bei ihrem Einsatz für umwelttechnische Zwecke, Bedingungen der Konkurrenz ausgesetzt. Da solche technisch modifizierten orthogonalen Systeme zudem reproduktiv, variabel und unter Selektionsbedingungen veränderbar wären, würden in diesem Fall unter dem Gesichtspunkt der Nichtrückholbarkeit formulierte Vorbehalte weiter gelten.[5]

Risikoabschätzung

Durch die Kombination verschiedener Vorkehrungen konnten in den letzten vier Jahrzehnten Unfälle mit gentechnisch veränderten Organismen erfolgreich verhindert werden. Der Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen wird streng kontrolliert, unter anderem aus ökologischen und gesundheitlichen Erwägungen. Das oben beschriebene breite Spektrum an Verfahren – Auxotrophien, Mechanismen zur Selbstzerstörung, genetische Firewall, Zellen mit Minimalgenomen – bietet eine solide Grundlage für die synthetische Biologie zur Gewährleistung der biologischen Sicherheit.

Trotz all dieser hoch entwickelten Mechanismen ist der verantwortungsvolle und sorgfältige Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen der erste Schritt und der effizienteste Weg, den hohen Standard für die biologische Sicherheit einzuhalten. Für den Fall einer unbeabsichtigten Freisetzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen sollten jedoch mehrere Mechanismen vorhanden sein, um die Ausbreitung der veränderten Zellen oder ihrer genetischen Information in der Umwelt zu verhindern.

5 Ethische Fragen der synthetischen Biologie werden detailliert in Köchy/Hümpel (2012) diskutiert.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

7. Stellenwert interdisziplinärer Forschung

Die Entwicklung der Gentechnologien schreitet weiterhin rasch voran. Ihre Methoden gewinnen dabei immer mehr an wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Bedeutung für unterschiedliche Anwendungs- und Lebensbereiche. Dabei verschwimmen außerdem zunehmend klare Disziplinengrenzen. Die Vielschichtigkeit der sich aus (möglichen) Anwendungen ergebenden sozialen, politischen, ethischen und rechtlichen Fragen verlangt eine interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaftsbereiche. Nur so kann ein Verständnis für die unterschiedlichen Perspektiven auf Forschung und Anwendung entstehen, und nur durch einen Austausch kann gewährleistet sein, ein Höchstmaß der relevanten Fragen zu berücksichtigen. Die Forschung an und Anwendung von gentechnologischen Verfahren hat daneben weitreichende Konsequenzen für die Gesellschaft, in der wir leben. Umgekehrt nimmt auch die Gesellschaft durch ihre grundlegenden Bedürfnisse sowie ihre Ablehnung oder Zustimmung wesentlichen Einfluss auf den Bereich der Forschung. Aufgrund dieser wechselseitigen Einflussnahme ist ein möglichst frühzeitiger transparenter und objektiver Diskurs zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit von zentraler Bedeutung für die weitere Entwicklung der Gentechnologien.

Die die naturwissenschaftlichen Forschungen zu Gentechnologien begleitende interdisziplinäre Forschung zu sozialen, ethischen und rechtlichen Aspekten bildet die Grundlage für einen Austausch innerhalb der Wissenschaften und mit der Öffentlichkeit. Gerade vor dem Hintergrund aktueller bahnbrechender Entwicklungen sowie der wachsenden Bedeutung eines öffentlichen Diskurses über neue Technologien und deren normative Bewertung wird die interdisziplinäre Forschung zunehmend wichtig und sollte daher stärker gefördert werden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Martin Korte, Ferdinand Hucho, Bernd Müller-Röber, Hannah Schickl, Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger

1. Einleitung

1.1 Gentechnologien damals, heute und morgen

Die Gentechnologien gehören nach wie vor zu den umstrittensten Anwendungen der modernen Biotechnologie. Sie lassen sich in ganz unterschiedliche Anwendungsbereiche untergliedern. Zur sogenannten „roten" Gentechnologie gehören medizinische Anwendungen. Als „grüne" Gentechnologie bezeichnet man alle Anwendungen im landwirtschaftlichen Bereich, während die industrielle Nutzung als „weiße" Gentechnologie bezeichnet wird. Doch nicht alle Anwendungen lassen sich eindeutig nur einem dieser Bereiche zuordnen. Manche neue Forschungsbereiche, wie etwa die Epigenetik, oder neue multiapplikable Technologien wie zum Beispiel innerhalb der Genomchirurgie (Genome-Editing) sprengen die Grenzen der farblichen Zuordnung und sind für alle Anwendungen der Gentechnologie relevant. So hat sich die interdisziplinäre Arbeitsgruppe (IAG) *Gentechnologiebericht* in den vergangenen drei Gentechnologieberichten (Hucho et al., 2005; Müller-Röber et al., 2009 und 2015) sowohl mit klassischen „roten" Themen wie der Gentherapie, der Stammzellforschung und der Gendiagnostik beschäftigt als auch mit der grünen Gentechnologie, der synthetischen Biologie und der Epigenetik.[1] Auch die Genomchirurgie war Thema ihrer Analysen.[2] In allen diesen Bereichen gibt es seit dem dritten Gentechnologiebericht Weiterentwicklungen, neue Erkenntnisse und Anwendungen, die auch von gesamtgesellschaftlichem Interesse sind. Einige davon konnten in den aktuellsten Themenbänden der IAG zur Epigenetik (Walter/Hümpel, 2017) und zur Stammzellforschung (Zenke et al., 2018) dargelegt werden. Um der Vielfalt und Geschwindigkeit der Gebiete gerecht zu werden, mussten die unterschied-

1 Siehe hierzu auch die Themenbände der IAG: Wobus et al. (2006), Schmidtke et al. (2007), Fehse/Domasch (2011), Köchy/Hümpel (2012), Müller-Röber et al. (2013), Walter/Hümpel (2017), Zenke et al. (2018).

2 Siehe Reich et al. (2015).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

lichen Themen dabei sowohl breit und übergreifend als auch detailliert und getrennt behandelt werden.

Dies ist der vierte Gentechnologiebericht der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW), herausgegeben von ihrer IAG *Gentechnologiebericht*. Nach dem ersten (2005), zweiten (2009) und dritten Gentechnologiebericht (2015) setzt er eine Zäsur eines fast zwei Jahrzehnte umfassenden Monitoringprojekts, das Stand und Entwicklung einer Hochtechnologie in Deutschland analysieren und beobachten soll.[3] Während die ersten drei Berichte indikatorenbasiert Themenschwerpunkte der Gentechnik, ihren aktuellen Stand in Forschung und Anwendung wie auch ihre ökonomische Nutzung analysierten, zieht der vierte Bericht eher Bilanz, reflektiert über das langjährige Monitoring der Gentechnologien und liefert gleichzeitig einen Blick auf die Zukunft: Welche Erwartungen standen am Beginn, welche wurden in den vergangenen knapp zwei Dekaden erfüllt, welche nicht? Und was kommt im Do-it-yourself-Zeitalter an der Schwelle zum gentechnischen Enhancement in Zukunft noch auf uns zu? Wie haben sich ethische Argumente zum Umgang mit Genen auch des Menschen entwickelt? Und hinkt die rechtliche Regulierung den rasant fortschreitenden Entwicklungen dabei notwendig hinterher? Hinterfragt werden die neuen Entwicklungen (Stichwort Genome-Editing) sowie ihre ethische Bewertung und rechtliche Einbettung. Daneben werden die in den letzten Jahren untersuchten Problemfelder und zusammengetragenen Indikatoren zu den unterschiedlichen Gentechnologien erstmals vergleichend nebeneinandergestellt, die Methodik des Monitorings wird dabei aber auch auf das Monitoringprojekt selbst reflektiert: Wie, von wem und in welchem Themen- und Problemkontext wurde die IAG und ihre Arbeit im öffentlichen Diskurs wahrgenommen? Wurden die formulierten Adressaten und Adressatinnen erreicht?

1.2 Die Arbeitsweise der IAG

Die IAG *Gentechnologiebericht* der BBAW sieht sich als ein Observatorium, das Status und wissenschaftlichen Fortschritt einer Hochtechnologie beobachtet (Hucho et al., 2005). Im Ansatz interdisziplinär, ergebnisoffen und unabhängig von Partikularinteressen ist es das erklärte Anliegen der IAG *Gentechnologiebericht*, einen unvoreingenommenen und objektiven öffentlichen Diskurs um die Gentechnologien in Deutschland zu fördern. Zu

3 Die IAG hat im Jahr 2001 ihre Tätigkeit aufgenommen. Seit 2007 wurde sie als Langzeitaufgabe fortgeführt – ein Format, das mit ihr erstmals von der BBAW in dieser Form initiiert wurde und das aus drei, je vier Jahre umfassenden Modulen bestand. Die Konstituierungsphase lief von 2001 bis 2006. Das erste Modul umfasste die Jahre 2007 bis 2010, das zweite 2011 bis 2014, das dritte und letzte durch die BBAW geförderte Modul endet mit dem Jahr 2018.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

diesem Zweck wurden innerhalb des Berichtszeitraums von 2001 bis 2018 in Publikationen (zwei Vorstudien zum ersten Gentechnologiebericht in Form von Sammelbänden, vier Gentechnologieberichte, neun Themenbände, zehn Broschüren – Kurzfassungen der Berichte und Themenbände sowie eine Analyse zur Genomchirurgie –, sowie zwei Stellungnahmen (unter Beteiligung der IAG)) qualitative Einschätzungen zum Sachstand sowie ethische, rechtliche und gesellschaftliche Implikationen vorgestellt und diskutiert sowie zahlreiche öffentlich zugängliche Veranstaltungen durchgeführt. Insgesamt wurden in den vergangenen knapp 20 Jahren von der IAG und der Geschäftsstelle fast 70 Veranstaltungen verschiedener Formate wie Vortragsabende, Akademievorlesungen, Workshops, Buchpräsentationen mit und ohne Podiumsdiskussion oder Pressekonferenz organisiert. Sie waren zwar überwiegend auf eine breite Öffentlichkeit ausgerichtet, zum Teil aber auch auf ein spezifisches oder ein rein wissenschaftliches Publikum. Letzteres wurde durch 14 fachinterne Workshops, Symposien oder interdisziplinäre Tagungen angesprochen. Ein spezifisches Publikum wie Schüler/-innen oder Studierende wurde beispielsweise durch Formate wie „Szenario-Workshops zu Zukünften der Grünen Gentechnik" gewonnen. Die öffentlich zugänglichen Veranstaltungen erreichten in den Jahren 2011–2018 im Schnitt eine Besucherzahl von knapp 120 pro Veranstaltung.[4] Neunzehn der fast 70 Veranstaltungen fanden in Kooperationen statt wie mit der Schering Stiftung, dem Medizinhistorischen Museum der Charité oder dem Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Acht der Veranstaltungen waren Pressekonferenzen anlässlich einer Buchpräsentation. Abbildung 1 verdeutlicht die starke Ausrichtung der Veranstaltungen auf eine breite Öffentlichkeit über die Zeit anhand der Kontrastierung zu fachinternen, nicht öffentlichen Veranstaltungen (Pressekonferenzen wurden ausgenommen):

4 Die Zahl ergibt sich aus einigen Stichproben und basiert auf der Auskunft des Referats Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der BBAW vom 13.04.2018.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Abbildung 1: Übersicht der Veranstaltungen der IAG über die Zeit plus Ausrichtung auf die allgemeine/fachspezifische Öffentlichkeit (ohne Pressekonferenzen)

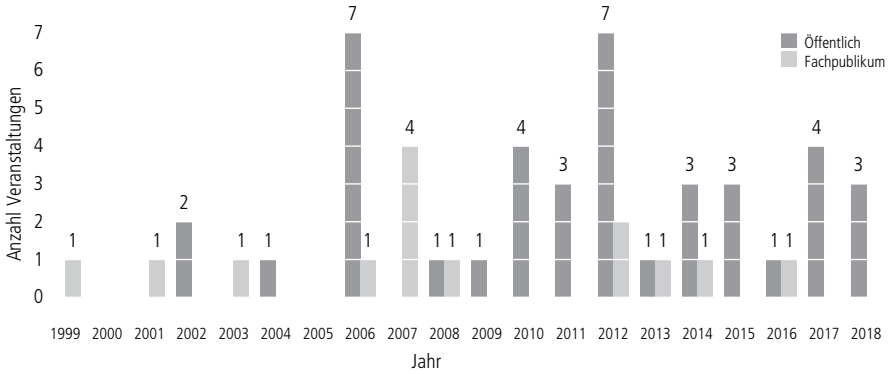


Abbildung 1 zeigt, in wie vielfältiger Form die IAG über die Jahre versucht hat, Diskussionen im Rahmen von Gentechnologien in verschiedene gesellschaftliche Gruppen zu tragen und sie fundiert zu informieren über aktuelle Entwicklungen und damit verbundene Problemstellungen – hinzu kommen Pressekontakte und die Bereitstellung von Informationsmaterial zum Beispiel für Ministerien. Obwohl dies für eine Akademie beträchtliche Interaktionen mit einer zum großen Teil außerwissenschaftlichen Öffentlichkeit darstellt, zeigen die Zahlen aber auch, dass die Themen und Ergebnisse der IAG letztlich nur von einem kleinen Teil der Politiker/-innen, Politikberater/-innen, Referenten und Referentinnen, Journalisten und Journalistinnen sowie einer interessierten Öffentlichkeit wahrgenommen wurden. Trotz intensiver Bemühungen sind die Möglichkeiten einer kleinen IAG leider auch limitiert. Es wird daher notwendig sein, in Zukunft vor allem medial mehr Wirksamkeit zu erreichen.

Über die Publikationen und Veranstaltungen hinaus, hatte auch die Indikatorenanalyse als Alleinstellungsmerkmal der IAG eine Objektivierung des Diskurses zum Ziel. Indikatoren werden als Werkzeuge gesehen, komplexe abstrakte Sachverhalte zumindest semiquantitativ zu erfassen. So lässt sich zum Beispiel die ‚Bedeutung' einer neuen Anwendung der Gentechnik durch die Publikations- und Patentfrequenz oder durch den Umfang öffentlicher Fördermittel belegen. Zahlen dieser Art ermöglichen zeitabhängige oder auch nationale und internationale Vergleiche. Zahlenmaterial hierzu wurde nicht von der Arbeitsgruppe erhoben, sondern es wurde auf Daten aus öffentlichen Quellen einschließlich des Internets zurückgegriffen, die von der Geschäftsstelle zusammengetragen und interpretiert wurden. Die Indikatoren leuchteten dabei sogenannte (von der Geschäftsstelle erhobene) Problemfelder aus – Themenbe-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

reiche, die im Kontext der Gentechnologien öffentlich diskutiert wurden und werden. So wurde zum Beispiel versucht, die öffentliche Wahrnehmung eines bestimmten Themenbereichs anhand der Anzahl der öffentlichen Veranstaltungen oder der Internetpräsenz des Themas abzubilden.

Die Interdisziplinarität der Arbeitsgruppe wird und wurde dabei durch die Zusammensetzung des Wissenschaftlergremiums sowie der jeweiligen internen wie externen Autoren und Autorinnen beziehungsweise Referentinnen und Referenten sowie der Geschäftsstelle sichergestellt; diese Unabhängigkeit garantierte die Ansiedlung in einer Akademie, die außer den Ansprüchen wissenschaftlicher Qualität weiter keinen Interessen dient. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Berichtsarbeit wurden durch den Vorstand der Akademie aufgrund ihrer Wissenschaftlichkeit, nicht jedoch ihrer Inhalte und Aussagen nostrifiziert. Sie stellen somit ausschließlich die Meinung der Mitglieder der Arbeitsgruppe dar. Die Herausgebergruppe setzte sich nicht notwendigerweise ausschließlich aus Mitgliedern der BBAW zusammen; Expertise und nicht Status standen hier immer im Vordergrund. Die Inhalte der Berichte und Themenbände legte die Arbeitsgruppe fest. Sie lud zu einzelnen Themen Experten und Expertinnen ein, deren Beiträge namentlich gezeichnet sind. Die Akademie stellte der Arbeitsgruppe eine Geschäftsstelle im eigenen Haus zur Verfügung, die über die Jahre stetig wuchs und mindestens aus zwei wissenschaftlichen Vollzeitmitarbeitern und –mitarbeiterinnen bestand. Sie koordinierten die Aktivitäten der Arbeitsgruppe und verantworteten vor allem die Fertigstellung ihrer Publikationen inklusive der Problemfeld- und Indikatorenanalyse. Entsprechend ihrer Textbeiträge und Expertise sind sie gleichberechtigte Mitherausgeber und -herausgeberinnen sowie zum Teil auch Koautorinnen und Koautoren der Berichte und der Themenbände.

1.3 Struktur und Methodik des vierten Berichts

Zum Abschluss des letzten durch die BBAW finanzierten Moduls ist der vorliegende vierte Gentechnologiebericht als Bilanzierungsband konzipiert. Er verzichtet daher auf eine Gliederung entlang der bislang sechs eingegrenzten Themenbereiche der IAG aus den vorangegangenen drei Gentechnologieberichten (Epigenetik, Gendiagnostik, Stammzellforschung, somatische Gentherapie, grüne Gentechnologie, synthetische Biologie). Stattdessen werden übergreifende Fragen in den Mittelpunkt gestellt und anhand bestimmter ausgewählter Themenbereiche exemplifiziert. Der Bilanzierungsbericht der IAG versucht mit namhaften Autorinnen und Autoren eine Gesamtschau des Gebietes zu ermöglichen, indem er rückblickend nach der Geschichte der Gentechnologie im Berichtszeitraum von 2001–2018 (Teil I) wie auch nach der Arbeit der IAG (Teil V)

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

fragt sowie nach den laufenden und vergangenen Debatten (Teil II) und möglichen zukünftigen Entwicklungen (Teil III). Die fünf Kapitel sind dabei unterteilt durch „Spotlights", in denen Weggefährten und –gefährtinnen der IAG wiederum kritisch Bezug nehmen auf die jeweiligen Kapitel oder resümierend über die Arbeit der IAG reflektieren. Die kurz gehaltenen Spotlights ermöglichen es dabei auch, Aspekte aufzugreifen, die bislang nicht oder nur unzureichend in den bisherigen Berichten der IAG thematisiert wurden. Doch trotz der auf diese Weise größeren Bandbreite an behandelten Themen können auch im Rahmen dieses Berichts nicht alle relevanten Themen im Kontext der Gentechnologien aufgegriffen werden. So gibt es etwa auch rasante Fortschritte auf dem Gebiet der biologischen Alternsforschung (Biogerontologie), in der Neurobiologie oder bei der Züchtung von Tierorganen für die Xenotransplantation. Die getroffene Auswahl erhebt zwar den Anspruch, besonders wichtige Bereiche der Gentechnologie zu berücksichtigen, nicht jedoch den Anspruch auf die vollständige Repräsentation aller Anwendungsbereiche der Gentechnologie.

1.4 Ausblick

Die Zäsur in der Arbeit der IAG erfolgt zu einem Zeitpunkt, an dem die Gentechnologie durch die neuen Methoden der Genomchirurgie (CRISPR/Cas) einen großen Schub und eine immense Beschleunigung erfährt. So wurde am 17. August 2017 berichtet, dass es Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen gelungen ist, mithilfe der neuen CRISPR/Cas9-Technologie lebensfähige menschliche Embryonen genetisch zu verändern (Ma et al., 2017). Die biologischen Grundlagen und technischen Möglichkeiten dieser neuen Techniken werden ebenso wie die damit aufgeworfenen ethischen und rechtlichen Fragen weltweit diskutiert. Wie mit den neuen Techniken umgegangen werden soll, ist umstritten. Darf etwa im medizinischen Bereich mittels Genomchirurgie an menschlichen Embryonen geforscht werden, um später einmal Embryonen von Erbkrankheiten heilen zu können anstatt sie zum Beispiel nach einer Präimplantationsdiagnostik zu verwerfen oder nach einer Pränataldiagnostik abzutreiben? Und dürfen beziehungsweise sollten diese Genomveränderungen dann gleich in der Keimbahn vorgenommen werden, sodass sie sich auch auf die Nachkommen des modifizierten Embryos weitervererben? Dem aktuellen Urteil des Europäischen Gerichtshofs ging außerdem eine heftige Debatte voraus, ob gentechnisch veränderte Lebensmittel unter bestimmten Bedingungen ohne Kennzeichnung in den Verkehr gebracht werden dürften, weil der gentechnische Eingriff nur sehr klein ist und sich die neuen Techniken im Nachhinein nicht mehr von natürlichen Mutationen unterscheiden lassen. Im Juli 2018 entschied das Gericht schließlich, dass auch Verfahren des Genome-Editings als Gentechnik zu regulieren

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

seien, was entsprechend kontrovers diskutiert wird. Solche und andere Fragen können nur in einem breit angelegten und auch international geführten gesellschaftlichen Diskurs beantwortet werden. Es geht dabei nicht nur darum, zu diskutieren, was technisch machbar ist, sondern auch, was gesellschaftlich gewünscht ist. Es stellt sich daher die dringende Frage, deren Beantwortung hier jedoch (noch) offenbleiben muss, wie man eine solche möglicherweise weltweite Debatte mit fundierten Fakten versorgen kann. Es muss daher darauf hingewiesen werden, dass ein unabhängiges und wissenschaftlich fundiertes Monitoring dieser Themen unbedingt und gerade jetzt weiter erfolgen muss. Beim jetzigen Stand der Entwicklung muss davon ausgegangen werden, dass die kommenden Jahre ganz neue Herausforderungen an die Diskussion über medizinische, ethische und rechtliche Aspekte der Gentechnik stellen werden.

Der vierte Gentechnologiebericht dient nicht nur der Bilanzierung, er ist auch ein Observatorium, um auszuleuchten, wie eine Bearbeitung der oben genannten Fragen zu den Gentechnologien zukünftig ebenso kritisch wie multidimensional (interdisziplinär) erfolgen kann. Zum Beispiel könnte dabei stärker berücksichtigt werden, was für eine biologische Zukunft Menschen in verschiedenen Kulturen eigentlich wollen. Dies wäre dann nicht nur eine indikatorenbasierte Analyse im Hinblick darauf, welche Tendenzen sich aus der Forschung heraus ergeben, sondern würde es auch erlauben, kulturelle, soziale oder auch politische Strömungen zu untersuchen, zu bewerten und offenzulegen, die auf die wissenschaftlichen Erkenntniswege Einfluss nehmen können. In einem solchen größeren Rahmen einer futuristisch anmutenden neuen Diskussionskultur könnten dann nicht nur spezifische Risiken einer bestimmten Anwendung diskutiert werden (z. B. Off-target-Effekte von CRISPR/Cas), sondern mit einem wesentlich größeren Weitwinkel auch, wer bei diesen Diskussionen eigentlich am Verhandlungstisch sitzt, welche Fragen und Zweifel ausgeklammert werden und welche Machtasymmetrien den Diskurs bestimmen. Wenn es um die gentechnisch veränderbare Zukunft der Menschheit geht, sind diese Fragen genauso wichtig, wie die konkrete Beurteilung einer spezifischen Gefährdung oder eines spezifischen Nutzens. Diese Art der Betrachtung kann dann unter Umständen auch eine Grundlage sein, einige Forschungsmöglichkeiten zunächst einmal anzuhalten, bis die gesamtgesellschaftlichen Ziele solcher Forschungsfragen geklärt sind. Das spannende an der Bilanzierung der Arbeit der IAG *Gentechnologiebericht* ist, dass die hier vorgestellten Artikel auch und vor allem Material liefern, um die hier grob skizzierten Fragen weiterzuentwickeln.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

1.5 Literatur

Fehse, B./Domasch, S. (Hrsg.) (2011): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. 2. akt. u. erw. Aufl. Forum W, Dornburg.

Hucho, F. et al. (Hrsg.) (2005): Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Spektrum, München.

Köchy, K./Hümpel, A. (Hrsg.) (2012): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuer Ingenieurbiologie? Forum W, Dornburg.

Ma, H. et al. (2017): Correction of a Pathogenic Gene Mutation in Human Embryos. In: Nature 548: 413–419.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2009): Zweiter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Forum W, Dornburg.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. 3. neubearb. u. erg. Aufl. Forum W, Limburg.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2015): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos, Baden-Baden.

Reich, J. et al. (Hrsg.) (2015): Genomchirurgie beim Menschen. Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Analyse der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. BBAW, Berlin.

Schmidtke, J. et al. (Hrsg.) (2007): Gendiagnostik in Deutschland. Status quo und Problemerkundung. Supplement zum Gentechnologiebericht. Forum W, Limburg.

Walter, J./Hümpel, A. (Hrsg.) (2017): Epigenetik. Implikationen für die Lebens- und Geisteswissenschaften. Nomos, Baden-Baden.

Wobus, A. M. et al. (Hrsg.) (2006): Stammzellforschung und Zelltherapie. Stand des Wissens und der Rahmenbedingungen in Deutschland. Supplement zum Gentechnologiebericht. Spektrum, München.

Zenke, M. et al. (Hrsg) (2018): Stammzellforschung. Aktuelle wissenschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Nomos, Baden-Baden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Teil I: Bilanz der Gentechnologie 2001–2018: Eine Rückschau

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Heiner Fangerau

2. Zur Geschichte der Gentechnologie: Eine historische Vermessung

2.1 Züchtung und „technische Biologie“

Die Anfänge der Gentechnologie sind nicht leicht zu bestimmen. Fasst man unter einen allgemeinen Begriff der Biotechnik, der die Gentechnik einschließt, bereits die menschliche Arbeit an der Natur und die züchterische generationenübergreifende Modifikation von Pflanzen und Tieren, reicht das theoretische und praktische Wissen um gentechnologische Verfahren bis weit vor die Phase einer akademischen Beschäftigung mit Erblichkeitsfragen zurück. Auch die Nutzung und Züchtung von Lebensformen wie Hefepilzen zur gezielten technischen Erzeugung von beispielsweise Alkohol wird gelegentlich in historischen Rückblicken als Referenzpunkt einer frühen Bio- und Gentechnik genannt (Buchholz/Collins, 2013). Um 1900 wurde ein solcher wirtschaftlicher Einsatz von Lebendigem allerdings noch als „technische Biologie“ bezeichnet – insbesondere, weil zum einen der Genbegriff noch nicht geprägt war und zum anderen eine gezielte, über Züchtung hinausgehende technische Beeinflussung von Lebensprozessen als Zweck der biologischen Wissenschaften zwar angedacht, aber noch nicht realisiert worden war.[1]

Die epistemischen (erkenntnistheoretischen) und praktischen Vorbilder für die Biologen waren um die Wende vom 19. ins 20. Jahrhundert die organische Chemie, die Physik und die Ingenieurwissenschaften. Mit Bezug auf Friedrich Wöhlers (1800–1882) gelungene Harnstoffsynthese im Jahre 1828 wollten nun auch Biologen Lebensvorgänge nicht mehr nur beschreiben und Lebewesen mit morphologisch fokussiertem Blick zergliedern. Vielmehr wollten sie ihre kleinsten Einzelteile ergründen und mit diesen Bausteinen Leben gezielt beeinflussen, modifizieren und konstruieren. Sehr deutlich brachte diese gestalterische Perspektive in die Biologie beispielsweise der amerikanische Physiologe Jacques Loeb (1859–1924) ein, der etwa konkret in einem Brief an den Physiker und Philosophen Ernst Mach (1838–1916) den Begriff der „konstruktive[n] oder

1 Für eine ausführliche Darstellung siehe Bud, 1993.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

technische[n] Biologie“ bemühte, um zu verdeutlichen, dass es Ziel der Biologie werden müsse, synthetisch tätig werden zu können (Fangerau, 2012: 66; Fangerau, 2010). Der Begründer der Entwicklungsmechanik, der Biologe Wilhelm Roux (1850–1924), wiederum zog während eines Grußworts zum Verhältnis von „Biologie und Technik“ auf dem 50. Stiftungsfest des Thüringer Bezirksvereins des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) 1911 nicht nur deutliche Parallelen zwischen Ingenieurwissenschaft und Biologie, vielmehr betonte er die gegenseitige Fruchtbarmachung der jeweiligen Ansätze. So nutzten die Biologen unter anderem die Festigkeits- und Elastizitätslehre der Ingenieure, um etwa Knochenaufbauten zu beschreiben, andersherum böten ihre biologischen Analysen Modelle für technische Entwicklungen, wenn diese optimale, im lebenden Körper gefundene Strukturen nachahmten (z. B. diene der Blutkreislauf als Modell für die Entwicklung von Rohrsystemen) (Roux, 1911).

2.2 Heutiges Bio- und Gentechnikverständnis

Diese Ansätze schufen nicht nur die Grundlage für das Verständnis der heutigen Biotechnik, sondern auch für das der Biomedizin, die im Wesentlichen auf drei erkenntnisleitenden Säulen fußt. Neben dem Versuch, in einem radikalen Reduktionismus physiologische Prozesse auf kleinste Einheiten zu reduzieren, steht die Idee des Universalismus, die davon ausgeht, dass zum Beispiel bis auf Molekülebene reduzierte Lebensvorgänge für alle belebten Wesen gelten müssten. Dies wiederum erlaubt die Modellierung solcher Prozesse (Scheffler/Strasser, 2015; Strasser, 2014). Das bedeutet, dass zum Beispiel Bakterienmodelle dazu dienen sollen, Vorgänge in Primaten zu begreifen.

In ihrer grundlegenden Bedeutung bilden diese Prämissen eine epistemische Basis weit über die Biomedizin hinaus. Sie gelten auch für die (heutige) grüne und rote Gentechnologie, die ihrerseits Spezialfälle der Biotechnologie darstellen. Auch wenn die Begriffe „Technik“ und „Technologie“ im allgemeinen Sprachgebrauch oft synonym erscheinen, so haben sie doch eigentlich eine leicht unterschiedliche Bedeutung. Mit „Technik“ wird die konkrete Umsetzung gemeint, mit „Technologie“ eher die Wissenschaft von der Technik. Der Terminus „Gentechnologie“ umschreibt dabei zum Beispiel in der Politikberatung die „gezielte Neukombination des genetischen Materials von Lebewesen“ (Enquete-Kommission, 1987: III) nicht nur durch Züchtung, sondern auf der molekularen Ebene durch die Arbeit im Labor. Die konkrete Anwendung dieser Idee mit ihrer Labormethodik entspräche dann der Gentechnik. Damit unterscheidet der Begriff der 1980er Jahre sich von einem älteren, auch auf die Vererbung und Züchtung zielenden Biotechnologiebegriff, wie ihn etwa Rudolf Goldscheid (1870–1931) zur Beschreibung der Verbesserung des Menschen durch eine Kombination aus Sozialhygiene und Eugenik ge-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

prägt hatte. Goldscheid hatte eher eine auf die Gesellschaft im Ganzen wirkende Soziotechnik im Sinn als den Einsatz von gezielter Labortechnik (Bud, 1991: 426). Zur Ausprägung des Gentechnologiebegriffs im engeren heutigen Verständnis bedurfte es erstens eines bestimmten Genbegriffs, zweitens der Rückführung der Gene auf ihre chemische Struktur und drittens der Möglichkeit, diese Struktur gezielt zu modifizieren.[2]

Das ursprünglich von Wilhelm Johannsen (1857–1927) in die Debatte eingebrachte Konzept des Gens sollte beobachtbare Erbeinheiten noch relativ undefiniert und nicht auf eine materielle Grundlage bezogen beschreiben. Mit der Identifikation der Desoxyribonukleinsäure (DNS) als Trägersubstanz von transgenerationellen Vererbungsvorgängen, der Beschreibung der Struktur der DNS durch James Watson und Francis Crick und dem Wissen um den in Nukleotidsequenzen abgelegten Code zur Zuordnung von Aminosäuren wurde der Begriff des Gens auf eine neue Grundlage gestellt. Er bezeichnete nun Abschnitte der DNS, die bestimmte Erbinformationen trugen. Molekulargenetische Erkenntnisse seit den 1970er Jahren zum Beispiel zur Regulation und Ordnung der Gene haben dieses Verständnis erneut justiert, sodass der Begriff nun wieder offener DNS-Segmente beschrieb, die gemeinsam die Transkription und Expression von Erbeinheiten regulieren (Portin, 2000: 37; siehe auch Carlson, 1991).

2.3 Gentechnologie seit den 1970er Jahren

Gerade auch gentechnologische methodische Entwicklungen und Verfahren haben dazu beigetragen, das alte Verständnis des Gens als geschlossene Einheit zu hinterfragen. Gleichzeitig ermöglichten es diese Verfahren, Gentechnologie im engeren Sinne hervorzubringen. Unter Rückgriff auf die Idee, gezielt wie ein Ingenieur Leben steuern zu können, versuchten Wissenschaftler/-innen die DNS zu verändern, zu zerschneiden, wieder zusammenzufügen und auf diese Weise genetisch veränderte Lebewesen hervorzubringen. Die erste wirklich als Gentechnologie im engsten Sinne zu verstehende technische Manipulation einer DNS in vitro gelang in den frühen 1970er Jahren. Nachdem 1967 ein Enzym isoliert worden war, das in der Lage ist, DNS-Abschnitte miteinander zu verbinden (DNS-Ligase), konnten im Jahr 1970 Enzyme isoliert werden, mit deren Hilfe wiederum DNS-Stränge an definierten Stellen durchtrennt werden können (Restriktionsenzyme) (Nicholl, 2008: 6 f.). Die nun zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, DNS zu zerschneiden und wieder zusammenzufügen, nutzten David Jackson, Robert Symons und Paul Berg, als sie DNS zweier unterschiedlicher Virenstämme neu

2 Zur Entwicklung des Genbegriffs bis zum „postgenomischen Zeitalter“ siehe ausführlich Müller-Wille/Rheinberger, 2009.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

kombinierten („rekombinierten"). Kurz davor hatten bereits Peter Lobban und A. Dale Kaiser mithilfe einer leicht verschiedenen Methodik DNS-Moleküle eines Virus zusammengefügt (Wright, 1986: 311 f.). Den nächsten Schritt auf dem Weg zur Gentechnologie im engeren Sinne leistete eine Gruppe um Herbert Boyer, Stanley Cohen, Robert Helling und Annie Chang, der es 1973 über mehrere Stufen gelang, fremde DNS in ein Bakterium (*Escherichia coli*) einzuschleusen und diese dort replizieren und transkribieren zu lassen (Wright, 1986: 312–314). Schon ein Jahr später konnten Rudolf Jaenisch und Beatrice Mintz mithilfe eines Virus fremde DNS in Mäuseblastozysten einschleusen. Da bei diesem Verfahren das Virus intakt blieb, stellt es eine Mischform zwischen transgener Veränderung und Infektion dar (Wells, 2016: 289). 1980 gelang es Jon W. Gordon und Frank H. Ruddle dann aber direkt DNS in Pronuklei (Vorkerne) von Mäusen zu injizieren und auf diese Weise nach Embryotransfer Nachwuchs zu erzeugen, der die veränderten Gene stabil (zunächst noch mit Mosaikbildungen[3]) weitertrug.[4] 1985 konnte diese Technik auch auf andere Säugetiere übertragen werden (Wells, 2016: 290).

Das Potenzial der Rekombination von DNS-Abschnitten schien den meisten Akteuren und Akteurinnen sofort klar gewesen zu sein. Bereits Ende der 1970er Jahre sind zwei scheinbar gegenläufige oder zumindest nur in Teilen kommensurable Trends zu beobachten. Während gesellschaftlich und politisch vor den Risiken der Anwendung von Genveränderungen beim Menschen gewarnt wurde, erlebte die neue Gentechnik im wissenschaftlichen Bereich und im Feld ihrer potentiellen wirtschaftlichen Verwertung eine bis heute andauernde Konjunktur. Diese Konjunktur ist in ihrer ersten Phase auch damit zu erklären, dass eine Reihe anderer Biotechnologien (z. B. Enzymproduktion, Antibiotikaproduktion) zu dieser Zeit ebenfalls in erfolgreiche Anwendungen überführt wurden und einen Sog auch auf die Gentechnik ausübten. Die Risikobetrachtung wiederum umfasste nicht nur biologische Gefahrenpotenziale, sondern erstreckte sich mit Blick auf die internationale Geschichte der Eugenik sowie die mit ihr assoziierten Zwangsmaßnahmen auch auf sozialethische Bereiche.

Schon vor der Beschreibung der Rekombination der DNS hatte der US-amerikanische Genetiker Joshua Lederberg (1925–2008) im Jahr 1963 mit der Autorität eines Nobelpreisträgers die Idee propagiert, dass die biochemische Genetik nicht mehr wie die Eugenik der 1920er und 1930er Jahre auf die Veränderung der Keimbahn zielen, sondern pathologische Phänotypen mittels somatischer Gentherapie adressieren sollte (Bud, 1993: 168–171). Auf diese und andere Diskussionen um sozialethische, umweltethische, medizinische und technische Risiken der Gentechnologie in all ihren Facetten

3 D. h. die genetische Veränderung war nicht in allen Zellen vorhanden.

4 Vgl. hierzu ausführlich Jones, 2011.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

wollten direkt nach ihren erfolgreichen Experimenten zur Rekombination von DNS-Abschnitten auch Berg und andere Genetiker eingehen, als sie zum Beispiel 1973 auf zwei Konferenzen in Asilomar und New Hampton mögliche biologische Risiken der rekombinanten Gentechnik diskutierten. Im Anschluss an diese Konferenzen wollten sie den eigenen und öffentlichen Sorgen vor riskanten Folgen der Technik sowie dem Argwohn über einen möglichen Missbrauch der neuen Technologien proaktiv mit einem Moratorium begegnen, das sie 1974 nach einer von der US-amerikanischen National Academy of Science organisierten weiteren Konferenz am Massachusetts Institute of Technology in offenen Briefen an die Zeitschriften *Science* und *Nature* der Fachwelt vorschlugen (Gisler/Kurath, 2011: 214 f.). Sie fürchteten auch ein politisches Verbot weiterer Forschung, wenn es nicht gelänge, diese durch die Wissenschaft selbst zu kontrollieren. Der Forschungsstopp sollte anhalten bis Regulierungen getroffen sein würden, die der Bevölkerung die Angst vor der neuen Technik nehmen könnten. Im öffentlichen Diskurs herrschten – auch vor dem Hintergrund des globalen Wettrüstens und des Vietnamkriegs – Sorgen vor der Entwicklung biologischer Waffen, der Zerstörung der Natur und auch der Verbreitung neuer synthetischer Krankheiten vor. Im kollektiven Gedächtnis hat sich hier vor allem eine zweite wissenschaftliche Konferenz im kalifornischen Asilomar[5] erhalten (Gisler/Kurath, 2011), in deren Zentrum allerdings weniger ethische als tatsächlich technische Risikoabwägungen und -fragen standen.[6] Das Abschlussdokument der Tagung enthielt Regeln zur Risikominimierung in der weiteren Forschung und die Empfehlung an Wissenschaftler/-innen, sich an diese Empfehlungen zu halten, bis nationale Regulierungen – an denen zum Beispiel in England und den USA gearbeitet werde – getroffen worden seien (Berg et al., 1975: 1983). Das Dokument diente dann zum Beispiel auch den National Institutes of Health als Vorlage bei der Erstellung ihrer 1976 publizierten Richtlinien (Bud, 1993: 175–178; Gisler/Kurath, 2011: 214). Mithilfe von Sicherheitsregeln im Umgang mit genmodifizierten Organismen sollte das in der neuen Technik gesehene Potenzial kommuniziert und öffentlich akzeptabel gemacht werden. Die folgenden Projektionen der Forscher/-innen von möglichen Anwendungsbereichen reichten von der Produktion von Antibiotika, Hormonen und Nahrungsmitteln über die Energieproduktion und die Beseitigung von Umweltverschmutzungen mittels gentechnisch modifizierter Mikroorganismen bis hin zur Behandlung geneti-

5 Zur Asilomar-Konferenz siehe auch die Beiträge von Diekämper et al. (Kap. 7) und Hucho (Spotlight 5). Eine ausführliche Analyse des Asilomar-Prozesses und seiner Auswirkungen auf nationale Regulierungsprozesse mit einem Schwerpunkt auf Frankreich findet sich bei Könninger 2016, v. a. 127–168.

6 Zu dieser Einschätzung und weiterführender Literatur siehe Theisen, 1991: 112 und vor allem auch Könninger, 2016: 142–150.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

scher Erkrankungen (Bud, 1993: 178–180). In der Tat konnte beispielsweise 1978 Insulin gentechnisch-mikrobiell hergestellt werden, was einen Meilenstein in der real wahrzunehmenden Nutzbarkeit der Gentechnologie markierte.

Die Hoffnungen waren entsprechend groß, dass die neue Biotechnologie auch wirtschaftlich genutzt werden könnte. Entsprechend setzte in den USA ab 1979 wieder eine Deregulierung der Forschung und Entwicklung ein (Wright, 1993: 94 f.; siehe auch Wright, 1986). In der BRD erklärte das Bundesministerium für Forschung und Technologie 1981, dass es keiner besonderen Gesetzgebung für rekombinante DNS-Techniken bedürfe (Gottweis, 1995: 298). Hauptsächlich die pharmazeutisch-chemische Industrie und die Agrarwirtschaft suchten hier einen neuen Markt. Vor dem Hintergrund der zweiten Ölkrise und einer stagnierenden Gewinnspanne engagierten sich allen voran Unternehmen aus den USA, Japan und der BRD, da sie einerseits in der Gentechnologie die Chance sahen, Alternativen zum Erdöl zu gewinnen und andererseits kommodifizierbare Innovationen erhofften. Universitäten und Unternehmen gingen dabei politisch gewünschte neue Allianzen ein. Die früher getrennt gehaltenen Bereiche von Grundlagenforschung und kapital- beziehungsweise verkaufsorientierter Anwendung begannen sich in diesem Feld zu überlagern (McKelvey, 1997: 519; Bud, 1993: 194 f.). Aus der BRD etwa betrieb Hoechst 1981 eine Partnerschaft mit der Harvard University. Im Gegenzug für die Finanzierung einer Abteilung für Molekularbiologie an einem Lehrkrankenhaus der Universität (Massachusetts General Hospital) sicherte sich Hoechst die Exklusivrechte an allen patentierbaren Entwicklungen aus der Abteilung (Kenney, 1987: 131 f.). Vor allem in den USA engagierten sich auch Wissenschaftler/-innen selbst und gründeten zusammen mit Kapitalgebenden Biotechfirmen (Buchholz/Collins, 2013: 3759; McKelvey, 1997: 518). In der BRD leitete das Bundesministerium für Forschung und Technologie umfangreiche Fördermaßnahmen ein, durch die „der Rückstand gegenüber der amerikanischen Konkurrenz aufgeholt werden" sollte (Theisen, 1991: 113). 1989 waren – so der Historiker Robert Bud – mehr als 400 deutsche Unternehmen im Feld der Biotechnologie aktiv oder in Vorhaben involviert (Bud, 1993: 205).

Der Erfolg war jedoch zunächst verhalten, sowohl was die Gewinnerwartungen als auch technische Entwicklungen anging. 1988 waren nur fünf Proteine aus gentechnisch veränderten Zellen auf dem Markt, die über eine Zulassung der amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) verfügten (Insulin, Human Growth Hormone, Hepatitis-B-Impfung, Alpha-Interferon und der Tissue Plasminogen Activator).[7] Für den medizinischen Bereich identifizierten Ronald Evens und Kenneth Kaitin einschließlich von Impfungen, Peptiden und monoklonalen Antikörpern 16 Produkte, die bis Ende

7 Zu dieser Liste siehe Bud, 1993: 192; Galambos/Sturchio, 1998: 259 f.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der 1980er Jahre entwickelt worden waren (Evens/Kaitin, 2014: 211–213). Einen kleinen Schub erfuhr der Markt in den späten 1980er Jahren durch die Technik der Polymerase-Kettenreaktion (PCR), mit der es möglich wurde, kleine Abschnitte der DNS immer wieder zu verdoppeln und damit die Sequenziergeschwindigkeit zu erhöhen, sowie durch die Entwicklung automatischer Sequenziergeräte (Durmaz et al., 2015: 4). Die PCR selbst war innerhalb des Biotech-Unternehmens CETUS entwickelt worden, das auf das Verfahren ein Patent anmeldete. 1991 wurde die Methode für 300 Millionen US$ an das Pharmaunternehmen La Roche verkauft (Fore et al., 2006). Zu diesem Zeitpunkt war die Gentechnik im Begriff, ein ernstzunehmender Wirtschaftsfaktor zu werden, der sich auch und gerade im Gesundheitsbereich zu etablieren hoffte (Evens/Kaitin, 2014).

2.4 Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit

Die wirtschaftlichen und politischen Interessen stießen in den späten 1980er Jahren allerdings auf Sicherheitsbedenken und Skepsis in der Öffentlichkeit.[8] Gerade in Europa (und hier besonders in der BRD) hatte die Bevölkerung wenig Vertrauen in die Gentechnik, befürchtete Risiken für die Umwelt sowie die Gesundheit, sah Missbrauchspotenzial, fürchtete eine eugenische Normalisierung und rief nach einer Regulierung der wissenschaftlichen und kommerziellen Nutzung (Bud, 1993: 210, 212–217; Gottweis, 1995: 216–222).[9] Hierzu gehörte auch eine Debatte um die grundsätzliche Frage der Patentierbarkeit biotechnischer Erfindungen, die 1998 beispielsweise in eine EU-Richtlinie mündete. Diese sieht eine grundsätzliche Patentierbarkeit vor, wobei allerdings Teile des menschlichen Körpers ebenso wenig patentierbar sein sollen wie etwa menschliche Klonierungsverfahren oder Techniken zur Keimbahnveränderung beim Menschen (Pernicka, 2001).

Hoffnungserwartungen auf Seiten der Wissenschaft und Wirtschaft, die sich in Metaphern wie „revolutionär", „therapeutisches Arsenal" oder „Goldrausch" spiegelten, standen gesellschaftliche Sorgen gegenüber, die in Frankenstein-, Nationalsozialismus- oder Büchse-der-Pandora-Metaphern gefasst wurden (Liakopoulos, 2002).[10] Die etwa in einigen europäischen Ländern in der Bevölkerung der Gentechnik gegenüber vorherrschende kritische Grundhaltung bedrohte dabei aus Sicht der Wissenschaft, der

8 Zur Wahrnehmung der Gentechnologie in der Öffentlichkeit siehe auch die Beiträge von Renn (Kap. 6), Diekämper et al. (Kap. 7) und Hampel (Spotlight 4).

9 Zur Vertrauenskrise der Gentechnologie siehe den Beitrag des Gen-ethischen Netzwerks (Spotlight 1).

10 Eine umfassende Analyse der öffentlichen Wahrnehmung der Gentechnik vor allem für die 1990er Jahre bietet die thematisch fokussierte Aufsatzsammlung von Hampel/Renn, 1999.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Industrie und der Politik die umfassende Nutzung der Technologie. In Großbritannien etwa warnte das Advisory Council on Science and Technology im Jahr 1990 vor Sicherheitsbedenken und Widerstand in der Bevölkerung, die eine rechtliche Rahmung der kommerziellen Anwendung notwendig machten, um die Technik überhaupt akzeptabel zu machen (Bud, 1991: 189). In der BRD gab der 10. Deutsche Bundestag 1984 eine Enquete zu „Chancen und Risiken der Gentechnologie" in Auftrag. Zu diesem Zeitpunkt hatten sich in der BRD mehrere Formate, Arbeitskreise und Gruppen gebildet, die sich höchst kritisch und ablehnend mit der Gentechnologie auseinandersetzten (Gottweis, 1995: 215). Nach zweijähriger Arbeit und einer Reihe nicht öffentlicher Sitzungen – die Grünen hatten sich ohne Erfolg für öffentliche Sitzungen eingesetzt (Gill, 1991: 418) – legte die entsprechende Kommission dann einen Bericht vor, der versuchte, ein Konsenspapier für mehrere Bereiche zu sein. Die Grünen allerdings legten ein fast in allen Punkten und Empfehlungen widersprechendes Sondervotum vor – was an mehreren Stellen und schon in der Einleitung des Berichts relativ giftig kommentiert wird (Enquete-Kommission, 1987). Insgesamt blieb, so das Urteil von Bernhard Gill, der Bericht technopolitisch wirkungslos, öffentlich aber wurde er breit rezipiert. Ernüchtert stellt Gill rückblickend fest, dass dieser Bericht alle „konfligierenden Zukunftsentwürfe [...] auf die ‚Risikofrage'" verengte „und diese wiederum in technischer Kleinteiligkeit an die Experten" zurückverwies. „Die Einbeziehung von Experten in das öffentliche politische Verfahren führte allenfalls zur Modernisierung der Beschwichtigungsrhetorik, nicht zu einer erweiterten Teilhabe oder zu kompetenteren Entscheidungen" (Gill, 1991: 433).

Die Enquete konnte also die vielfach artikulierten öffentlichen Bedenken nicht zerstreuen. Politisch wurde für ein Gesetz zur Regulierung der Gentechnik gekämpft.[11] Ein Versuch der damaligen Regierung, gentechnische Modifikationen von Lebewesen unter das Bundesimmissionsschutzgesetz fallen zu lassen, wurde durch einen Prozess gegen Hoechst in Frage gestellt, nachdem Hoechst versucht hatte, eine Produktionsanlage zur gentechnischen Herstellung von Insulin zu errichten. Anwohner/-innen hatten gegen die Anlage geklagt und das Oberverwaltungsgericht in Hessen hatte der Klage mit der Begründung stattgegeben, dass in der BRD eben eine gesetzliche Grundlage zum Betrieb einer solchen Anlage durch das Immissionsschutzgesetz nicht gegeben sei und somit fehle (Gottweis, 1995: 225). 1990 verabschiedete die Regierung dann das „Gesetz zur Regelung von Fragen der Gentechnik" (Gentechnikgesetz), mit dem für die BRD eine eher supportive rechtliche Rahmenbedingung für die Anwendung von Biotechnologien geschaffen wurde. Gleichzeitig wurde die gentechnische Fortpflanzungsmedizin im Embryonenschutzgesetz geregelt. Nach Kritik nun von Seiten der Wissenschaft-

11 Zur Gesetzgebung in der BRD und auch zum Folgenden siehe ausführlich Waldkirch, 2004.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ler/-innen, dass ihre Forschung behindert würde, und der Drohung, die Forschung in die USA zu verlagern – die BASF etwa kündigte 1991 an, ein gentechnisches Zentrum in der Nähe von Boston zu gründen (Theisen, 1991: 115) –, wurde das Gesetz 1993 reformiert und permissiver in Bezug auf den Einsatz von rekombinanten Techniken gestaltet (Gottweis, 1995: 226 f.).

2.5 Entwicklungen in den 1990er Jahren

Auf der technischen Seite erschlossen sich mittlerweile immer weitere Möglichkeiten der künstlichen Gestaltung von Leben auf molekularer Ebene. In Fortführung des mit der rekombinanten Technik eingeschlagenen Wegs und des Gedankens, synthetisch tätig zu werden, wurden erstmals transgene Mäuse entwickelt, das menschliche Genom wurde zwischen 1990 und 2001 im internationalen Humangenomprojekt entschlüsselt und Klonierungstechniken wurden weiterentwickelt.[12] Mitte der 1990er Jahre etwa wurde das vor allem auf der Rekombination von DNS basierende Inventar um automatisierte Genomanalysen und leistungsfähigere Speicher- und Rechentechnik erweitert. Dies ermöglichte zum einen die Suche nach komplexeren Interaktionen in der Replikation und Transkription von Genen, zum anderen eine umfassendere Modellierung und Simulation von Syntheseprozessen im Sinne einer, wie sie damals genannt wurde, Systembiologie (Cameron et al., 2014: 381).

Während in den 1990er Jahren vor allem das Humangenomprojekt unter internationaler öffentlicher Beobachtung stand, folgte nach der Publikation der gelungenen Klonierung des Schafs Dolly eine internationale Debatte um die (sozial-)ethischen Folgen des Klonens. Diese Diskussionen wurden noch einmal neu belebt durch die Möglichkeit der Reprogrammierung von Stammzellen ab der Mitte der 2000er Jahre (sog. induzierte pluripotente Stammzellen). Zumindest in der deutschen, englischen und amerikanischen Presseberichterstattung deutete sich dabei der Trend an, dass medizinische Anwendungen verstärkt in den Fokus der Aufmerksamkeit rückten und grundsätzliche ethische Fragen zwar verhandelt, aber mehr und mehr zugunsten einer Nutzen-Risiko-Bewertung in den Hintergrund rückten (Rolfes et al., 2017). Das permanent in der Debatte diskutierte Kerndilemma stellt die Güterabwägung zwischen dem prospektiven Nutzen der Technologie für Patientinnen und Patienten auf der einen Seite und dem Schutz von Grundwerten wie der mit der menschlichen Keimbahn verbundenen Würde und Identität einer prospektiven Person auf der anderen Seite dar.[13] Pragma-

12 Eine ausführliche Tabelle mit Zeitleiste findet sich u. a. bei Buchholz/Collins, 2013: 3758.

13 Einen Rückblick auf die ethische Debatte im amerikanischen Umfeld mit Schwerpunkt auf die medizinische Anwendung des Gentransfers und die genetische Prädiktion bietet Walters, 2012.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

tische Lösungen und Kompromisse wie die Stichtagsregelung im deutschen Stammzellgesetz von 2002 (das die Einfuhr und Nutzung von vor dem Stichtag im Ausland generierten embryonalen Stammzellen für die Forschung erlaubt) verweisen ebenso auf diese Spannung wie Versuche, den durch Biotechnik erzeugten ethischen Problemen durch Biotechnik zu begegnen. So wurden Verfahren als mögliche Antworten auf ethische Bedenken gegen Embryonen verbrauchende Forschung vorgeschlagen, bei denen Stammzellen unter Umgehung potentiell lebensfähiger Embryonalstadien erzeugt werden konnten. Ein Beispiel bietet hier der Versuch, über induzierte pluripotente Stammzellen oder über künstliche Jungfernzeugung (Parthenogenese) Stammzellen zu erzeugen, die zunächst nicht in der Lage waren, sich zu potenziell lebensfähigen embryonalen Stammzellen weiterzuentwickeln (Fangerau, 2005 und 2010).

Im Zusammenhang mit der ethischen Bewertung gentechnischer Eingriffe in das Erbgut eines Menschen (Genome-Editing, auch Genomchirurgie) zu medizinischen Zwecken spielte von Anfang an die Unterscheidung zwischen der somatischen Gentherapie und der Keimbahntherapie eine große Rolle. Schon der oben erwähnte Bericht der Enquete-Kommission hielt fest, dass der „Gentransfer in menschliche somatische Zellen [...] von der Kommission als eine grundsätzlich vertretbare Therapieform angesehen“ werde und unter Beachtung von Sicherheitsvorkehrungen und forschungsethischer Prinzipien (wie die Aufklärung und das Einverständnis der Patienten und Patientinnen) zur Anwendung kommen sollte (Enquete-Kommission, 1987: XV, 183 f.). Die Keimbahntherapie mit der Folge der Weitergabe eines veränderten Genoms auf folgende Generationen hingegen lehnte die Kommission ab. „Insbesondere“ sei, so die Kommission, mit einem Blick auf die Geschichte der Eugenik „einem Mißbrauch genetischer Techniken zu Zwecken der Menschenzüchtung schon im Vorfeld entgegenzuwirken“ (Enquete-Kommission, 1987: XVI, 189 f.).

Als die Kommission diesen Bericht formulierte, waren Versuche zur somatischen Gentherapie schon Realität. 1975 hatte beispielsweise der Amerikaner Stanfield Rogers mit dem deutschen Kinderarzt Heinz G. Terheggen den (erfolglosen) Versuch unternommen, über ein Virus das Gen für Arginase in Patienten und Patientinnen mit einer Hyperarginämie einzuschleusen (Fehse et al., 2011: 44). Ab 1990 erfolgten dann auch zunehmend klinische Studien, in denen über Viren rekombinierte DNS in Patienten und Patientinnen eingebracht wurde (Fehse et al., 2011: 50 f.; Wirth et al., 2013: 164 f.). Die klinischen Erfolge waren aber zunächst entgegen der hohen Erwartungen gering. Als dann 1999 der Studienpatient Jesse Gelsinger (1981–1999) an den Folgen eines gentherapeutischen Versuches verstarb und in der Aufarbeitung ein Geflecht aus Interessenkonflikten der beteiligten Forscher/-innen, Regelverstößen und Missachtung von

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Sicherheitsstandards offenbar wurde, machte sich noch mehr Ernüchterung breit.[14] Auch war die Glaubwürdigkeit gentherapeutischer Ansätze durch diese Gemengelage an ethischen und technischen Fehlschlägen massiv erschüttert (Domasch/Fehse, 2011: 33). Dennoch lief die Forschung weiter. Das deutsche Nachrichtenmagazin *Der Spiegel* konstatierte 2009, dass die Gentechnik nach „schweren Rückschlägen [...] derzeit einen zarten zweiten Frühling" erlebe (Traufetter, 2009: 57). Wirth et al. gingen 2013 von weltweit mehr als 1800 laufenden oder durchgeführten gentherapeutischen Studien aus (Wirth, 2013: 165).

Keimbahntherapien hingegen bewegten sich im Jahr des Kommissionsberichts noch allein im Bereich des Möglichen. Ausführlich setzte sich die Kommission dennoch mit den ethischen Argumenten auseinander, die für oder gegen die weitere Erforschung und mögliche Anwendung sprachen. In leichter Modifikation vom Bericht sortierte Kurt Bayertz die vorgebrachten Argumente in einen pragmatischen, gesellschaftspolitischen und kategorischen Argumentationsstrang (Bayertz, 1991). Während der erste Argumentationsstrang postuliert, dass Keimbahninterventionen verantwortlich genutzt werden und eine klinisch implementierten Therapien vergleichbare Therapieoption darstellten, geht der zweite davon aus, dass eine Missbrauchsgefahr zum Beispiel für eugenische Zwecke bestehe. Der dritte Argumentationsstrang betrachtet Keimbahninterventionen als Manipulation der menschlichen Natur, für die der einzige Handlungsrahmen der Erhalt des Status quo sei, weshalb diese Art der Intervention unterlassen werden müsse.

2.6 Jüngste Entwicklungen

Diese drei von Bayertz rekonstruierten Hauptstränge der Argumentation lassen sich auch im aktuellen bioethischen Diskurs zu Keimbahnveränderungen wiederfinden. Dieser hat einen neuen Schub erfahren, seitdem seit 2012 eine neue Methode insinuiert, dass Keimbahneingriffe gezielter, sicherer und vor allem einfacher durchgeführt werden könnten als früher. Ausgehend von Untersuchungen japanischer Wissenschaftler/-innen, die 1987 „clustered regularly interspaced palindromic repeats" (CRISPR) von Nukleotiden im Genom des Bakteriums *Escherichia coli* beschrieben hatten, untersuchten in den 2000er Jahren verschiedene Laboratorien die Funktion dieser Nukleotidmuster. Die Rolle von CRISPR-assoziierten Genen (Cas) und den von ihnen kodierten Proteinen in der Virusabwehr von Bakterien stand hier im Mittelpunkt des Interesses. 2012 konnte eine Arbeitsgruppe um Jennifer Doudna und Emmanuelle Charpentier CRISPR/

14 Eine ausführliche Rekonstruktion, Analyse und Bewertung findet sich bei Wilson, 2010.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Cas9 als eine zum gezielten Durchtrennen von DNS-Strängen einsetzbare RNA-geleitete DNS-Endonuklease identifizieren, die das Potenzial hat, auch für Genomeditierungen jeder Art eingesetzt zu werden. Schon ein Jahr später zeigten verschiedene Studien auch die Einsatzmöglichkeit zur Veränderung des Genoms in menschlichen Zellen (Doudna/Charpentier, 2014).

Angesichts der einerseits (für Experten und Expertinnen) relativ einfach einsetzbaren Methode, die andererseits für den Einsatz bei Menschen noch nicht ausgereift schien und gleichzeitig das Potenzial biete, für verschiedene Zwecke missbraucht zu werden, forderten Wissenschaftler/-innen 2015 in den beiden einflussreichen Fachzeitschriften *Science* und *Nature* (Baltimore et al., 2015; Lanphier et al., 2015) wieder einmal ein Moratorium zur Beratung über die technischen, ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen „Chancen und Risiken", die diese neue Technik mit sich bringe. In diese Debatte schalteten sich auch verschiedene wissenschaftliche Akademien und politikberatende Gremien mit unterschiedlichsten Empfehlungen ein (Chan et al., 2015; Reich et al., 2015; UNESCO International Bioethics Committee, 2017; National Academies of Sciences, 2017; Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al., 2015). Der Deutsche Ethikrat gab beispielsweise 2017 als Ad-hoc-Empfehlung die Forderung nach einem globalen Diskurs mit dem Ziel einer internationalen Regulierung heraus (Deutscher Ethikrat, 2017).

Das Ergebnis der Diskussion ist offen, wobei sich der pragmatische Argumentationsstrang, der vor allem auf die Anwendung zielt, absehbar durchzusetzen scheint, da Technik Machbarkeit und Machbarkeit Anwendung und den Bedarf ihrer Legitimation evoziert, wenn es nur Interessen gibt, die stärker sind als moralische Bedenken.

2.7 Fazit

Die Gentechnologie der letzten 50 Jahre zeichnet sich dadurch aus, dass ihr die Umsetzung der Grundidee der gezielten Steuerung von Lebensprozessen auf molekularer Ebene in einigen Bereichen gelungen ist. Durch den Einsatz von Technik konnten dabei klassische Biotechnologien wie Züchtungsvorgänge massiv beschleunigt werden. Die „Evolution genetischer Techniken", wie einige Forscher/-innen die Geschichte ihres eigenen Faches beschreiben (Durmaz et al., 2015), führt dabei zu einer Schrumpfung von Zeit und Raum, sodass die Reaktionsräume, innerhalb derer auf mögliche Schäden reagiert werden kann, immer kleiner werden. Gleichzeitig läuft, so scheint es, paradoxerweise die ethische Debatte und öffentliche Sorge der Technik hinterher, obwohl sie eigentlich vor allem Zukunftsszenarien imaginiert. Kaum wird ein Moratorium zum

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Nachdenken gefordert, ist es auch schon durch die Wirklichkeit und weitere Entwicklungen eingeholt oder überholt.

Neu an der aktuellsten Entwicklung scheint dabei zu sein, dass, anders als in früheren Phasen, nicht immer mehr aufwendige Großforschung zur Umsetzung gentechnologischer Ideen notwendig ist, sondern dass eine der Besonderheiten an der CRISPR/Cas-Technologie gerade deren vergleichsweise einfache Handhabung sein soll. Inzwischen bieten erste Unternehmen CRISPR/Cas-Baukästen für den Hausgebrauch zur Bestellung per E-Mail an.[15] Für den Markt der Biotechnologien könnte dies bedeuten, dass sich hier zusätzlich zum Markt der global agierenden Großinvestoren und -investorinnen wie Arznei- oder Futtermittelhersteller/-innen ein sehr großer Markt der Heimanwender/-innen[16] etablieren könnte.[17] Auf die erste Ausweitung der wirtschaftlichen Nutzung durch größere Unternehmen seit den 1990er Jahren (Evens/Kaitin, 2014), könnte nun eine Ausweitung zwischen Privatmarkt, Do-it-yourself-Bewegung und sowie Großanbietern und -anbieterinnen erfolgen. Die Orientierung am wirtschaftlichen Nutzen könnte hier also weiter als Triebfeder der Forschung und Entwicklung wirken. Dieser sich aus den Großlaboratorien verabschiedende Markt hat überdies das Potenzial, sich der Kontrolle etwa durch Behörden zu entziehen. Technikfolgenabschätzung und Risikoabwägung werden auf diese Weise noch zahn- und wirkungsloser als sie es ohnehin oft sind. Bedenken und Misstrauen könnte nur durch eine internationale Strategie der Regulierung, die mit Kontrolle und Sanktionen einhergeht, begegnet werden, wodurch sich am Ende doch wieder ein sehr altes Trilemma auftut zwischen der Freiheit der Forschung und dem Wunsch der Forschenden und der durch die Forschung Betroffenen, einerseits ihre positiven Effekte beanspruchen zu können und andererseits gleichzeitig vor ihren negativen Folgen geschützt werden zu können.[18]

Danksagung: Einen großen Dank für Anregungen, Korrekturen und hilfreiche Kommentare möchte ich aussprechen an Uta Bittner, Sabine Könninger, Lilian Marx-Stölting, Vasilija Rolfes und Hannah Schickl.

15 Siehe z. B. den Bericht von Annie Sneed auf den Seiten des Scientific American (Sneed, 2017).

16 Siehe zum Thema Do-it-yourself den Beitrag von Karberg (Spotlight 3).

17 Vergleichbares findet sich etwa in der Geschichte der Blutdruckmessung, siehe hierzu Fangerau/Martin, 2014; Martin/Fangerau, 2015.

18 Vorschläge zum Umgang mit dieser Konfliktsituation bietet z. B. Ober, 2012.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

2.8 Literatur

Baltimore, D. et al. (2015): Biotechnology. A Prudent Path Forward for Genomic Engineering and Germline Gene Modification. In: Science 348(6230): 36–38.

Bayertz, K. (1991): Drei Typen ethischer Argumentationen. In: Sass, H.-M. (Hrsg.): Genomanalyse und Gentherapie. Ethische Herausforderungen in der Humanmedizin. Springer, Berlin, Heidelberg: 291–316.

Berg, P. et al. (1975): Summary Statement of the Asilomar Conference on Recombinant DNA Molecules. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 72(6): 1981-1984.

Buchholz, K./Collins, J. (2013): The Roots. A Short History of Industrial Microbiology and Biotechnology. In: Applied Microbiology and Biotechnology 97: 3747–3762.

Bud, R. (1991): Biotechnology in the Twentieth Century. In: Social Studies of Science 21(3): 415–457.

Bud, R. (1993): The Uses of Life: A History of Biotechnology. Cambridge University Press, Cambridge.

Cameron, D. E. et al. (2014): A Brief History of Synthetic Biology. In: Nature Reviews Microbiology 12: 381–390.

Carlson, E. A. (1991): Defining the Gene. An Evolving Concept. In: American Journal of Human Genetics 49: 475–487.

Chan, S. et al. (2015): Genome Editing Technologies and Human Germline Genetic Modification. The Hinxton Group Consensus Statement. In: American Journal of Bioethics 15(12): 42–47.

Der Spiegel: Eingriff ins Erbgut. 30.06.2009. Unter: http://www.spiegel.de/spiegel/spiegelwissen/d-65886414.html [24.02.2018].

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V., Deutsche Forschungsgemeinschaft, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V. (2015): Chancen und Grenzen des genome editing/ The Opportunities and Limits of Genome Editing. Halle (Saale). Unter: http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/2015/stellungnahme_genome_editing_2015.pdf [30.04.2018].

Domasch, S./Fehse, B. (2011): Gentherapie in Deutschland. Eine Einführung. In: Domasch, S./Fehse, B. (Hrsg.): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Forum W, Dornburg: 31–40.

Doudna, J./Charpentier, E. (2014): The New Frontier of Genome Engineering with CRISPR-Cas9. In: Science, Technology and Human Values 346(6213): 1258096. DOI: 10.1126/science.1258096.

Durmaz, A. A. et al. (2015): Evolution of Genetic Techniques: Past, Present, and Beyond. In: BioMed Research International 2015: 461524.

Enquete-Kommission (1987): Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Chancen und Risiken der Gentechnologie“ vom 8. Januar 1987. Bundestagsdrucksache 10/6775.

Evens, R./Kaitin, K. (2014): The Evolution of Biotechnology and its Impact on Health Care. In: Health Affairs 34(2): 210–219.

Fangerau, H. (2005): Can Artificial Parthenogenesis Sidestep Ethical Pitfalls in Human Therapeutic Cloning? An Historical Perspective. In: Journal of Medical Ethics 31(12): 733–735.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Fangerau, H. (2010): Brain, Mind and Regenerative Medicine. Ethical Uncertainties and the Paradox of their Technical Fix. In: Fangerau, H. et al. (Hrsg.): Implanted Minds. The Neuroethics of Intracerebral Stem Cell Transplantation and Deep Brain Stimulation. Transcript, Bielefeld: 15–30.
Fangerau, H. (2010): Spinning the Scientific Web. Jacques Loeb (1859–1924) und sein Programm einer internationalen biomedizinischen Grundlagenforschung. Akademie Verlag, Berlin.
Fangerau, H. (2012): Zur Geschichte der Synthetischen Biologie. In: Köchy, K./Hümpel, A. (Hrsg.): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Themenband der interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht. Forum W, Dornburg: 61–84.
Fangerau, H./Martin, M. (2014): Blutdruck messen. Die ‚Technikalisierung' der Kreislaufdiagnostik. In: Technomuseum (Hrsg.): Herzblut. Geschichte und Zukunft der Medizintechnik. Theiss/WBG, Darmstadt: 74–93.
Fehse, B. et al. (2011): Stand wissenschaftlicher und medizinischer Entwicklungen. In: Domasch, S./Fehse, B. (Hrsg.): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Forum W, Dornburg: 41–126.
Fore, J. et al. (2006): The Effects of Business Practices, Licensing, and Intellectual Property on Development and Dissemination of the Polymerase Chain Reaction: Case Study. In: Journal of Biomedical Discovery and Collaboration 7(1). DOI: 10.1186/1747-5333-1-7.

Galambos, L./Sturchio, J. L. (1998): Pharmaceutical Firms and the Transition to Biotechnology. A Study in Strategic Innovation. In: Business History Review 72(2): 250–278.
Gill, B. (1991): Die Bundestags-Enquete zur Gentechnik. Lehrstück einer politischen Nicht-Entscheidung. In: Leviathan 19(3): 411–434.
Gisler, P./Kurath, M. (2011): Paradise Lost? 'Science' and 'the Public' after Asilomar. In: Science, Technology, & Human Values 36(2): 213–243.
Gottweis, H. (1995): German Politics of Genetic Engineering and its Deconstruction. In: Social Studies of Science 25: 195–235.

Hampel, J./Renn, O. (Hrsg.) (1999): Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Campus, Frankfurt.

Jones, D. (2011): Genetic Engineering of a Mouse. Dr. Frank Ruddle and Somatic Cell Genetics. In: Yale Journal of Biology and Medicine 84(2): 117–124.

Kenney, M. (1987): The Ethical Dilemmas of University-Industry Collaborations. In: Journal of Business Ethics 6(2): 127–135.
Könninger, S. (2016): Genealogie der Ethikpolitik. Nationale Ethikkomitees als neue Regierungstechnologie. Das Beispiel Frankreichs. Transcript, Bielefeld.

Lanphier, E. et al. (2015): Don't Edit the Human Germ Line. In: Nature 519(7544): 410–411.
Liakopoulos, M. (2002): Pandora's Box or Panacea? Unsing Metaphors to Create the Public Representations of Biotechnology. In: Public Understanding of Science 11(1): 5–32.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Martin, M./Fangerau, H. (2015): Technische Medikalisierung in einer alternden Gesellschaft. Instrumentelle Rahmen und normative Folgen am Beispiel präventivmedizinischer Ansätze. In: Weber, K. et al. (Hrsg.): Technisierung des Alltags. Beitrag für ein gutes Leben? Steiner, Stuttgart: 19–45.

McKelvey, M. (1997): Coevolution in Commercial Genetic Engineering. In: Industrial and Corporate Change 6(3): 503–532.

Müller-Wille, S./Rheinberger, H.-J. (2009): Das Gen im Zeitalter der Postgenomik. Eine wissenschaftshistorische Bestandsaufnahme. Suhrkamp, Frankfurt.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017): Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance. Washington (DC).

Nicholl, D. S. T. (2008): An Introduction to Genetic Engineering. Cambridge University Press, Cambridge, New York.

Ober, S. (2012): Grüne Gentechnik zwischen Forschungsfreiheit und Anwendungsrisiko am Beispiel des Risikodiskurses um MON810. In: Grimm, H./Schleissing, S. (Hrsg.): Grüne Gentechnik. Zwischen Forschungsfreiheit und Anwendungsrisiko. Nomos, Baden-Baden: 275–290.

Pernicka, S. (2001): Wem gehören die Gene? Patente auf Leben für ein neues Wachstumsregime. Argument, Hamburg.

Portin, P. (2000): The Origin, Development and Present Status of the Concept of the Gene: A Short Historical Account of the Discoveries. In: Current Genomics 1: 29–40.

Reich, J. et al. (Hrsg.) (2015): Genomchirurgie beim Menschen. Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin.

Rolfes, V. et al. (2017): Diskurse über induzierte pluripotente Stammzellforschung und ihre Auswirkungen auf die Gestaltung sozialkompatibler Lösungen. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. In: Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik 22: 65–86.

Roux, W. (1911): Biologie und Technik. Aus einer Begrüssungsanspache zum 50jährigen Stiftungsfest des Thüringer Bezirksvereins des Vereins Deutscher Ingenieure am 27. Mai 1911. In: Archiv für Entwicklungsmechanik 32: 735–738.

Scheffler, R. W./Strasser, B. J. (2015): Biomedical Sciences and Technology. History and Sociology of. In: Wright, J. D. (Hrsg.): International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. Elsevier, Amsterdam: 663–669.

Sneed, A. (2017): Mail-Order CRISPR Kits Allow Absolutely Anyone to Hack DNA. Unter: https://www.scientificamerican.com/article/mail-order-crispr-kits-allow-absolutely-anyone-to-hack-dna/ [24.02.2018].

Strasser, B. J. (2014): Biomedicine: Meanings, Assumptions, and Possible Futures. Report to the Swiss Science and Innovation Council (SSIC) 1/2014. Swiss Science and Innovation Council, Bern.

Theisen, H. (1991): Zur Demokratieverträglichkeit der Bio- und Gentechnologie. In: Soziale Welt 42(1): 109–130.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

UNESCO International Bioethics Committee (2017): Updating its Reflections on the Human Genome and Human Rights. Unter: http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002332/233258E.pdf [27.11.2017].

Waldkirch, B. (2004): Der Gesetzgeber und die Gentechnik. Das Spannungsverhältnis von Interessen, Sach- und Zeitdruck. Verl. für Sozialwiss., Wiesbaden.

Walters, L. (2012): Genetics and Bioethics. How Our Thinking Has Changed Since 1969. In: Theoretical Medicine and Bioethics 33: 83–95.

Wells, K. D. (2016): Genetic Engineering of Mammals. In: Cell and Tissue Research 363: 289–294.

Wilson, R. F. (2010): The Death of Jesse Gelsinger. New Evidence of the Influence of Money and Prestige in Human Research. In: American Journal of Law & Medicine 36: 295–325.

Wirth, T. et al. (2013): History of Gene Therapy. In: Gene 525: 162–169.

Wright, S. (1986): Recombinant DNA Technology and Its Social Transformation, 1972–1982. In: Osiris 2: 303–360.

Wright, S. (1993): The Social Warp of Science: Writing the History of Genetic Engineering Policy. In: Science, Technology and Human Values 18(1): 79–101.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Günter Stock

3. Der Weg zu einer molekularen, stratifizierten, personalen Medizin. Eine Perspektive aus Sicht der (Berliner) Biotechindustrie[1]

3.1 Die Anfänge der biotechnologischen Industrie

Gezielte pharmazeutische Forschung gibt es noch nicht sehr lange. Die fünfziger Jahre des letzten Jahrhunderts waren dadurch gekennzeichnet, dass die Chemie bestimmte Moleküle vorgab und durch ein sogenanntes „blindes Screening" die mögliche, auch gewünschte pharmakologische und potenziell medizinische Wirkung geprüft wurde. Die sechziger Jahre zeichneten sich durch Fortschritte im Bereich der Erforschung von Rezeptoren und relevanten Enzymen aus. Dadurch stand bis in die siebziger und achtziger Jahre hinein ein Reservoir von ca. 300–500 sogenannter Targets (Zielstrukturen) zur Arzneimitteltherapie-Forschung zur Verfügung, die man durch entsprechende chemische Moleküle anregen oder blockieren konnte. Mit der Synthesemöglichkeit und der Kenntnis der molekularen Struktur von Proteinen gab es in den achtziger Jahren einen deutlichen Fortschritt bezüglich der sogenannten „drugable targets" (Zielstrukturen, die für die Entwicklung von Arzneimitteln verwendbar sind). Dies war auch der Zeitpunkt, an dem sich zwei Entwicklungen kreuzten, die nachhaltig die Forschung nach neuen Diagnostika und Therapeutika verändern sollten, nämlich die „klassische Arzneimittelentwicklung" und das Herausbilden der medizinischen Biotechnologie.

Man kann das, was man heute als biotechnologische Forschung und Industrie beschreibt, mit dem Jahr 1953 beginnen lassen, in welchem erstmalig die DNA-Struktur von James Watson und Francis Crick beschrieben wurde. Wenn man Eugen Russo (2003) folgt, begann die moderne Biotechnologie während eines wissenschaftlichen Kongresses in Honolulu 1972. Dort sollen der Mediziner Stanley Cohen aus Stanford und der Biochemiker Herbert Boyer von der UCSF, San Francisco, über die Entdeckung Cohens,

1 Dieser Text beruht auf einem Vortrag, der im Rahmen eines Streitgesprächs in der wissenschaftlichen Sitzung der Versammlung der BBAW am 01.12.2017 gehalten wurde und der in der Reihe „Debatte" der BBAW veröffentlicht wurde (siehe unter: http://www.bbaw.de/publikationen/neuerscheinungen/pdf/Debatte-Heft-19 [06.06.2018]).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

„plasmid DNA“ in E.Coli einbauen zu können, und die Entdeckung Boyers, den Nachweis, dass die Doppelstrang-Helix der DNA mittels eines Enzyms in Einzelstränge mit identischer Terminalregion getrennt werden kann, diskutiert haben. Der Geschichte nach war es ein Abendessen nahe der Waikiki-Bucht, bei dem geplant wurde, beide Technologien zu kombinieren: Die Klonierung von DNA und die Herstellung von rekombinanter DNA waren das Ergebnis. Die Geburtsstunde der Biotechnologie, so Russo.

Man sollte die Geschichte allerdings früher beginnen lassen, auch um zu zeigen, wie aus sehr grundlagenorientierten, prinzipiellen Forschungsfragen mit der Zeit ein Gesamtbild entsteht, das zu Beginn der einzelnen Forschungstätigkeiten nicht vorhersehbar war. Man kann den Beginn der Entwicklung bei Johannes Müller (1801–1858) ansetzen, dem Physiologen und Anatomen, der als erster erkannt und postuliert hatte, dass „sämtliche Lebenstätigkeiten des Menschen denselben Gesetzen der Physik und Chemie unterliegen wie jene aller anderen Tiere“. Und man muss, um diese Entwicklung begreifen zu können, natürlich an Gregor Mendel (1822–1884) erinnern, der mit seinen Kreuzungsversuchen die Regelhaftigkeit der Vererbung erstmals beschrieben hat. Schließlich muss mindestens Thomas Hunt Morgan (1866–1945) erwähnt werden, der der eigentliche Vater der Genomforschung wurde. Ihm gelang es, die von Mendel für die Pflanze gefundenen Gesetzmäßigkeiten an der Fruchtfliege zu überprüfen und deren allgemeine Richtigkeit und Gültigkeit zu bestätigen. Er war es auch, der zeigen konnte, dass die Chromosomen Träger der Vererbung sind und dass jedes Gen einen festen Platz auf den Chromosomen hat.

Dieser kurze, sehr rudimentäre und unvollständige Exkurs in die Geschichte der genetischen Forschung hat lediglich den Zweck, aufzuzeigen, in welcher Zeitreihe sich das entwickelt hat, was dann später als Genforschung, als biotechnologische Forschung bezeichnet werden konnte. Forschungen, die nicht ahnen ließen, dass daraus eines Tages so etwas wie eine völlig neue Industrie, nämlich die Biotechnologieindustrie, entstehen würde.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Abbildung 1: Entstehung einer Industrie (nach Russo, 2003).

1953	DNA structure proposed by James Watson and Francis Crick
1960	Arthur Kornberg sythesizes DNA *in vitro*
1970	Hamilton Smith and Kent Wilcox isolate the first restriction enzyme
1971	The first biological engineering company, Cetus, founded
1972	Paul Berg uses a restriction enzyme to form a hybrid circular molecule
1973	Stanley Cohen and Herbert Boyer develop DNA cloning and recombinant DNA
1976	Robert Swanson and Herbert Boyer found Genentech
1977	Genetech clones the hormone somatostatin in bacteria, the first cloning of a protein using a synthetic recombinant gene
1978	Biogen founded, now the oldest independant biotech company Genentech and City of Hope National Medical Center announce the successful production of human insulin
1980	Amgen founded Leroy Hood and Mike Hunkapiller develop protein sequencer Fred Sanger and colleagues develop the shotgun method for sequencing genomes
1983	Kary Mullis invents the polymerase chain reaction
… 2002	Over 200,000 jobs exist across 4,000 biotech companies worldwide (Ernst & Young)

Für die Firma Schering, der ich seit Beginn des Jahres 1983 angehörte, wurde das Thema Biotechnologie seit 1972 bearbeitet. Zu jener Zeit ging es im Wesentlichen darum, schwer zugängliche oder neue Wirkstoffe in größeren Mengen von hoher Reinheit wirtschaftlich herstellen zu können. Ziele waren einerseits die Veränderung von Bakterienstämmen zur Optimierung von Teilschritten der für Schering wirtschaftlich wichtigen Steroidsynthese; andererseits wurde angestrebt, neue diagnostische und therapeutische Verfahren und Wirkstoffe zu finden. So wurde 1984 gemeinsam mit dem Land Berlin das Institut für Genbiologische Forschung Berlin GmbH (IGF) gegründet mit dem Ziel, das wissenschaftliche Umfeld in Berlin in Fragen der Gentechnik zu stärken, die Grundlagenforschung zu unterstützen, aber auch den Technologietransfer zur industriellen Nutzung der Ergebnisse zu ermöglichen und zu verbessern. Mit der Berufung von Prof. Dr. Lothar Willmitzer als Institutsleiter und Professor an der Freien Universität Berlin entwickelte sich das IGF zu einem in der pflanzlichen Molekularbiologie weltweit führenden Forschungsinstitut. Sowohl die wissenschaftlichen Ergebnisse, aber auch die Öffentlichkeitsarbeit, die durch das IGF und seine Mitarbeiter geleistet wurden, führten dazu, dass die Wissenschaftssenatoren aller damaligen Berliner Regierungskoalitionen die Arbeit des IGF bei öffentlich kontroversen und selbst bei militanten Aktionen gegen die grüne Gentechnik unterstützten. Nachdem der Fortgang

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der Arbeiten durch die Gründung eines in Potsdam-Golm angesiedelten Max-Planck-Instituts für molekulare Pflanzenphysik gesichert werden konnte – wiederum unter der Leitung von Prof. Dr. Lothar Willmitzer –, wurde das IGF nach zehn Jahren aufgelöst und die geschaffenen Infrastrukturen der Max-Planck-Gesellschaft überlassen.

1989 schuf Schering einen Stiftungslehrstuhl am Institut für molekulare Biologie und Biochemie der Freien Universität. Prof. Burghardt Wittig wurde der Stiftungslehrstuhlinhaber. Prof. Wittig beschäftigte sich mit DNA-Konstrukten zur Behandlung von Krebserkrankungen und mit DNA-Vakzinen gegen Infektionskrankheiten. Er gründete später die Mologen AG – eine der ersten Ausgründungen im Bereich der Biotechnologie aus dem akademischen Bereich heraus in Berlin. Der allgemeine wissenschaftliche Trend und nicht zuletzt auch die herausragenden Forschungsergebnisse des Max-Planck-Instituts für molekulare Genetik waren dafür verantwortlich, dass bei Schering neben der Optimierung der Steroidsynthese ein weitergehendes Interesse geweckt wurde. Es wurde dann *innerhalb* von Schering ein neues Institut für Biochemie unter der Leitung von Dr. Wolfgang Dieter Schleuning aufgebaut, um eigene Kompetenzen für die Molekular- und Zellbiologie und Proteinchemie zu begründen und kompetitiv weiterzuentwickeln.

Wie stark die Dynamik in dem neuen Gebiet der Biotechnologie in Berlin war und welche Rolle Schering bei dieser Entwicklung spielte, belegt ein Zitat aus *Jungle World* am 20. Januar 1999, erschienen in einem Artikel: „Forscher werden Unternehmer“: „An der Finanzierung beteiligen sich unter anderem die Firmen Boehringer sowie – allgegenwärtig – die Schering AG“ (Kröger, 1999). Relativ rasch zeigte sich, dass es notwendig ist, neue und größere Anstrengungen zu unternehmen, um mit den Entwicklungen im Bereich der genbiologischen Forschung Schritt halten zu können. Als Ergebnis dieser erweiterten Strategie erwarb die Schering AG im Jahr 1990 zwei Technologiefirmen, nämlich CODON Inc. und Triton Biosciences. Dies waren wesentliche Meilensteine auf dem Weg, die Arzneimittelforschung bei Schering auf molekular- und genbiologische Ansätze umzustellen und entsprechend zu modernisieren. Ergebnis dieser Kooperation war ein außerordentlich innovatives Entwicklungsprodukt zur Auflösung von Thromben, das aufgrund konkurrierender Entwicklungen anderer Firmen den Markt nicht erreichte, aber es konnte aus dieser Zusammenarbeit heraus Betaferon®, ein modifiziertes Beta-Interferon,[2] entwickelt werden – das erste Produkt zur erfolgreichen Behandlung der multiplen Sklerose. Ein Produkt übrigens, das die Dimension eines sogenannten Blockbusters erreichte und, was ebenso wichtig ist, die Forschung für neue

2 Interferon beta-1b. Interferone sind Glykoproteine (also Proteine, die im Verbund mit Zuckern vorliegen), die im Körper von verschiedenen Zelltypen als Botenstoffe genutzt werden und das Immunsystem beeinflussen können.

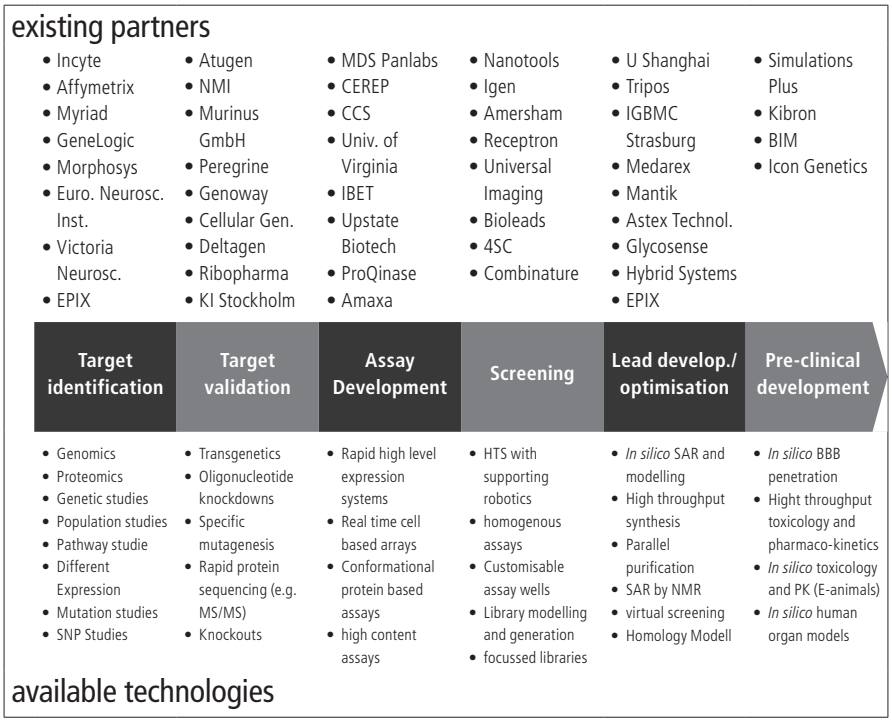
https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Therapeutika auf dem Gebiet der neurodegenerativen Erkrankungen, speziell der multiplen Sklerose, außerordentlich belebte und dazu führte, dass es heute eine ganze Reihe moderner Therapeutika gibt, die dieses Krankheitsbild nachhaltig positiv beeinflussen und von großem Nutzen für die Patienten sind. Aus einer damals durchgeführten Literaturanalyse ergibt sich, dass vor Einführung von Betaferon® die weltweiten Publikationen zu diesem Krankheitsbild im zweistelligen Bereich lagen, während nach der Einführung des Produktes die Publikationen exponentiell zunahmen. Die Wirksamkeit des Produktes wurde dabei nicht nur durch klinische Befunde belegt, sondern konnte mit dem ebenfalls von Schering entwickelten Kontrastmittel Magnevist® durch die Magnetresonanztomografie (MRT), also durch ein bildgebendes Verfahren, nachverfolgt und dokumentiert werden.

Aus der Akquisition ergaben sich außerdem neue Möglichkeiten zur Therapie onkologischer Erkrankungen. Für eine mittelgroße Firma wie Schering war dieser Weg der Firmenkäufe beziehungsweise der Kooperationen mit Biotechfirmen ein „Königsweg", um in diesem, sich stürmisch entwickelnden Gebiet konkurrenzfähig sein zu können. So wurden in den folgenden Jahren eine ganze Reihe von Kooperationsabkommen mit Firmen geschlossen, die über bestimmte Technologien verfügten, die nicht in jedem Fall im eigenen Haus etabliert werden konnten, der Firma jedoch in hervorragender Weise erlaubten, molekularbiologisch tätig zu sein. Von den größeren Kooperationen beziehungsweise Akquisitionen seien lediglich zwei erwähnt: Collateral Therapeutics und Incyte Pharmaceuticals. Die Forschungs- und Entwicklungsvereinbarungen mit Collateral Therapeutics bestanden darin, gentherapeutisch kardiale Durchblutungsstörungen zu behandeln (hierzu später mehr). Die Vereinbarung mit Incyte Pharmaceuticals ermöglichte Schering den Zugriff auf die zu jener Zeit wohl beste Gendatenbank. Das gesamte in dieser Zeit entstandene Netzwerk und die verschiedenen Kooperationsabkommen mit unterschiedlichen Technologiefirmen sind in Abbildung 2 verdeutlicht.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Abbildung 2: Scherings Partner und neue Technologien



Um das Management dieser verschiedenen Kooperations- und Akquisitionsabkommen zu erleichtern, wurde eine eigene Venture Cooperation Unit gegründet. Um die Kooperation mit den hauptsächlich in der Bay Area in San Francisco ansässigen Technologiefirmen wissenschaftlich erfolgreich zu verzahnen, war schon 1992 ein eigener Forschungscampus in Richmond (Bay Area) als neuer Forschungsstandort erworben und ausgebaut worden. Aber auch hier in Berlin-Brandenburg wurde der Umbau der Pharmaforschung in Richtung „Molekulare Medizin" beschleunigt. So wurde 1997 eine neue Gesellschaft gegründet: metaGen, Gesellschaft für Genomforschung mbH – ein Forschungsinstitut, das sich die Aufklärung der molekularen Grundlagen von Brust- und Prostatakrebs zum Ziel gesetzt hatte. Der Um- und Aufbau der beiden großen Forschungszentren in Berlin und Richmond hatte natürlich auch nachhaltige Konsequenzen für andere Bereiche der Forschung. So wurde die kombinatorische Chemie aufgebaut, die Proteinanalytik optimiert und die Strukturbiologie deutlich erweitert. Diese Maßnahmen boten Schering die Möglichkeit, die für die Forschung inter-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

essanten Zielstrukturen aufzuklären. So wurde auch sehr früh die In-vitro-Testung optimiert und als High-Throughput-Screening (Hochdurchsatz-Screening) etabliert, ebenso wie eine High-Throughput-Pharmakokinetik. Die moderne Infrastruktur sowie das ausgeprägte Netzwerk mit akademischen Gruppen und Technologiefirmen erlaubten es Schering, auf den Gebieten Herz-Kreislauf, Onkologie, Frauengesundheit und Neurologie mit molekularbiologischen und biotechnologischen Methoden innovative Forschung durchzuführen. Im bereits 1985 in Berlin gegründeten Institut für Diagnostikforschung (IDF) und mit einem Netzwerk kooperierender Forschergruppen und Unternehmen wurde an Methoden zur molekularen Diagnostik gearbeitet. Das IDF, seiner Zeit als An-Institut an der Freien Universität gegründet, hatte eine Pionierfunktion für die Entwicklung der molekularen Diagnostik.

Die inzwischen sehr lebendige Gründerszene im Bereich der Biotechnologie sowie die bei der Schering AG etablierten Forschungsaktivitäten waren die Basis dafür, dass sich Berlin-Brandenburg an dem vom damaligen Forschungsminister Rüttgers initiierten Bioregio-Wettbewerb beteiligte, wobei Berlin aber leider nur den undankbaren vierten Platz erringen konnte. Immerhin Anlass dafür, dass Berlin und Brandenburg gemeinsam diesen Sektor strategisch ausbauten („Biotop"), was dann im Laufe der Jahre zur Bildung des Gesundheitsclusters Berlin und Brandenburg führte und sich zum Jobmotor in der Region entwickelte.

Mit der Akquisition von Oris/Cis Bio (Frankreich), eine auf Radiopharmazeutika spezialisierte Firma, unternahm Schering den Versuch, die damals sogenannten „Theranostics" zu entwickeln – ein Gebiet, das heute eher unter dem Begriff der „Companion Therapeutics" bekannt ist. Kooperationsabkommen mit Medigene in Martinsried bei München zur Entwicklung eines therapeutischen Impfstoffs und die Ausgründung von metaGen waren weitere wichtige Schritte in den Jahren 2000–2001. 2003 schließlich gründete Schering in Kobe, Japan, in unmittelbarer Nachbarschaft des Riken Instituts, das auf Stammzellforschung spezialisiert war, eine Forschungsabteilung mit dem Schwerpunkt regenerative Medizin.

Um für die Wissenschaftler bei Schering den Zugang zu den besten Wissenschaftlern und Laboratorien in der biomedizinischen Forschung zu öffnen, war im Jahr 1991 die Schering Forschungsgesellschaft gegründet worden. Deren Ziel war es, durch Veranstaltungen und Workshops, die Vergabe des Schering-Preises[3] und die Auslobung von Dissertationen und Post-Doc-Stipendien einerseits akademische Wissenschaft zu unterstützen, andererseits aber auch den Wissenschaftlern bei Schering Zugang und

3 Im Anhang zu diesem Artikel sind die Preisträger des Schering-Preises aufgelistet. Die Liste macht deutlich, wie intensiv molekularbiologische Forschungsergebnisse behandelt und ausgezeichnet wurden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Kenntnis zu den neuesten Forschungsergebnissen wissenschaftlicher Institutionen weltweit zu ermöglichen – ein großer Schritt in Richtung Public-private-Partnership. Später wurde die Schering Forschungsgesellschaft in die Schering Stiftung umgewandelt, die heute noch der Unterstützung der Wissenschaft dient.

3.2 Erste Versuche zur Gentherapie bei der Schering AG

Unter somatischer Gentherapie[4] versteht man das Einschleusen von Nukleinsäuren (DNA) in somatische Zellen eines Patienten, was wiederum dort zur Produktion eines Proteins führen soll, das therapeutische Effekte auslöst. Voraussetzungen sind therapeutisch anwendbare Gene (sofern gezeigt werden konnte, dass sie in der betreffenden Pathophysiologie eine entscheidende Rolle spielen). Man braucht ferner geeignete Instrumente, um die Gene an den gewünschten Ort im Gewebe bringen zu können, und drittens Vektoren („Gen-Taxi", „Gen-Shuttle"), um die therapeutischen Gene in den Zellkern zu bringen.

Die Hoffnungen, Erkrankungen basierend auf ihrer genetischen Ursache zu therapieren, die Korrektur lokal begrenzen zu können und schließlich mit einer Einmalbehandlung langfristige chronische Erkrankungen quasi kausal heilen zu können, waren Ende der 80er und in den 90er Jahren so groß, dass eine Vielzahl von Gentherapiestudien unternommen wurden. Für Schering war das Gebiet der Herz-Kreislauf-Erkrankungen von besonderer Bedeutung, und die Hoffnung, bei ischämischen Herzerkrankungen mit gentherapeutischen Maßnahmen das Wachstum von neuen Kollateralen, von neuen Blutgefäßen, zu stimulieren, um quasi an der Wurzel der ischämischen Herzerkrankungen therapeutisch einzugreifen, war so ausgeprägt, dass 1996 eine Kooperationsvereinbarung mit der Firma Collateral Therapeutics in Kalifornien geschlossen wurde (die vollständige Übernahme der Firma erfolgte 2002), um in diesem therapeutisch wichtigen Gebiet einen Beitrag leisten zu können.

Das Wirkstoffkonstrukt, um das es sich dabei handelte, war Ad5FGF-4,[5] das sich in vorklinischen Tests als sicher und auch als wirksam gezeigt hatte. Nachdem an 79 Patienten mit stabiler Angina Pectoris auch im Menschen Sicherheit und erste Wirksamkeit gezeigt werden konnten, wurde eine groß angelegte Phase-II-Studie an 900 Patienten

4 Als „somatische Gentherapie" bezeichnet man gentherapeutische Eingriffe an Körperzellen, die nicht erblich sind. Von „Keimbahntherapie" spricht man hingegen, wenn sog. Keimbahnzellen das Ziel der Eingriffe sind, sodass die Änderungen vererbt werden können.

5 Ad5FGF-4: Ein Konstrukt aus Ad 5, einem („E1-deleted") rekombinanten, humanen, nicht replizierenden Adenovirus-Vektor und einer humanen FGF-4cDNA mit CMV Promoter. FGF-4 ist ein humanes Fibroblasten-Wachstumsgen, das während der foetalen Entwicklung exprimiert wird.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

unter Beteiligung von 100 Kliniken in den USA und Europa geplant und begonnen (es sei ausdrücklich vermerkt, dass die Studie von vielen Ethik-Kommissionen geprüft und von den jeweiligen Landesbehörden ebenfalls geprüft und zugelassen wurde). Das Konstrukt selbst wurde über einen intrakoronaren Katheter appliziert. Als Ergebnis dieser Studie bleibt leider festzuhalten, dass es zwar zu keinerlei Sicherheitsproblemen kam, allerdings war der therapeutische Effekt nicht signifikant nachweisbar; somit ein medizinisch und finanziell großer Rückschlag. In Detailanalysen zeigte sich, dass die Zielgenauigkeit der Applikation des Konstruktes nicht gegeben war. Positiv ist festzuhalten, dass in unseren Versuchen ein Vektor verwendet wurde (der Vektor bestand aus Viruspartikeln, die so modifiziert waren, dass sie nicht mehr krankheitserregend waren), der keinerlei unerwünschte Nebenwirkungen hatte. Aus Versuchen anderer Firmen ist bekannt, dass es durchaus Applikationen von Vektoren gab, die erhebliche, zum Teil tödliche Nebenwirkungen hatten. So gesehen ein immer noch guter Ausgang, der immerhin zeigte, dass Vektoren aus viralen Bestandteilen durchaus nebenwirkungsfrei eingesetzt werden können, was in späteren Studien auch bestätigt wurde. Vereinzelt gab es in den nachfolgenden Jahren positive Meldungen über geglückte gentherapeutische Verfahren, aber das Gebiet der Gentherapie wurde in der Folgezeit wieder ein Thema für die Grundlagenforschung (vgl. Fehse et al., Kap. 8). Und in der Tat gibt es heute drei Zulassungen für die Gentherapie in Europa und wir erwarten mehr in nächster Zukunft.

Aus diesem kurzen Abriss wird deutlich, dass die zum Teil erheblichen Fehlschläge in der Anfangszeit dazu führten, dass die Gentherapie wissenschaftlich lange Jahre ein Schattendasein führte. Die weitere Entwicklung der Gentherapie hat schließlich dazu geführt, dass zunächst kleine RNA-Moleküle gefunden wurden, die in der Lage sind, die Herstellung krankheitserregender Proteine zu verhindern – ein völlig neuer Ansatz für Biopharmazeutika, von denen eines bereits in Europa für die Makuladegeneration zugelassen ist. Mit der Entdeckung von CRISPR/Cas, eine neuartige und sehr viel präzisere Methode zum Genome-Editing, wurde, wie die Zeitschrift *Science* titelte, die wichtigste wissenschaftliche Entdeckung des Jahres 2015 gefeiert (Science News Staff, 2015). Diese Methode weckt die Hoffnung, das medizinisch nach wie vor äußerst verlockende Konzept der menschlichen Gentherapie neu zu beleben.

Gentherapie – also ein Lehrstück für neue Hoffnungen, neue Therapiegebiete, große Enttäuschungen, aber auch ein Lehrstück dafür, dass bestimmte vorklinische Erkenntnisse – und seien sie noch so neuartig und erfolgversprechend – einen langen Weg bis zur klinischen Wirksamkeit vor sich haben. Ein Lehrstück auch dafür, wie iterativ die Interaktionen zwischen angewandter und grundlagenorientierter Forschung sein müssen, um schließlich – wie im Falle der Gentherapie – doch noch für wichtige Indikationen erfolgreich sein zu können.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

3.3 Gegenwärtiger Stand der Entwicklung von Biopharmazeutika

In Deutschland ist der Anteil der Biopharmazeutika an den Neuzulassungen von Medikamenten auf mittlerweile 37 % angestiegen. Nach Angaben von vfa bio (Biotechnologie im Verband Forschender Arzneimittelhersteller) und The Boston Consulting Group (2017) sind in den letzten zehn Jahren 19 Biopharmazeutika-Neuzulassungen für die Onkologie erfolgt, 50 % davon allein in den Jahren 2015 und 2016. Der Gesamtmarkt für Biopharmazeutika im Jahr 2016 lag bereits bei einem Viertel des gesamten verschreibungspflichtigen Arzneimittelmarktes (im Vergleich zu 12 % im Jahr 2006). Onkologie und Immunologie sind die Gebiete, in denen zahlenmäßig die meisten Biopharmazeutika zugelassen und auch immer noch entwickelt werden.

3.3.1 Personalisierte Medizin

Personalisierte Medizin kann als einer der Höhepunkte der Entwicklung der molekularen Medizin betrachtet werden, insoweit als durch verbesserte Diagnose und spezialisierte Therapiemaßnahmen die „Passgenauigkeit" der medikamentösen Therapie deutlich erhöht wird. Es geht dabei darum, von den vorhandenen Therapieoptionen diejenige zu wählen, die für bestimme Patientengruppen und damit für individuelle Patienten besonders geeignet sind und bei denen die Eignung zuvor durch eine spezielle Diagnostik definiert werden kann, gefolgt von einer dann sehr passgenauen Therapie. Mit Biomarkern wird zum Beispiel das Vorhandensein bestimmter Genallele, Genexpressionsmuster oder biochemischer Parameter im Blut oder in anderen Geweben und Körperflüssigkeiten geprüft. Die Ziele sind also, diejenigen Patienten auszuwählen, für die eine bestimmte Therapie wirksam und die Verträglichkeit am besten gewährleistet ist. Die personalisierte Medizin führt zu einer nach einzelnen Patientengruppen differenzierten Medikation, deshalb ist es genau genommen besser, von einer stratifizierten Medizin oder von einer Präzisionsmedizin zu sprechen als von einer *personalisierten* Medizin. An die Stelle von Versuch und Irrtum tritt moderne Diagnostik, die mit hoher Zuverlässigkeit Vorhersagen über die voraussichtliche Wirksamkeit und Verträglichkeit eines Medikamentes im Einzelfall erlaubt und damit die Therapieentscheidung optimiert. Zurzeit sind bereits personalisierte Medikamente mit 53 Wirkstoffen zugelassen (Stock/Sydow, 2013; Ruppert et al., 2016), bei denen vor der Behandlung entweder die Testung vorgeschrieben oder zumindest empfohlen wird. In der Arzneimittelentwicklung sind vor allem neue onkologische Präparate Spitzenreiter bei dieser Art von „Tandemforschung", also ein Tandem bestehend aus Biomarker und einem Therapeuti-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

kum. Ein sehr frühes Beispiel hierfür ist ein „Anastrozol" bei Brustkrebs. Hier geht es um die Wirksamkeit, und es ist Pflicht, einen entsprechenden Vortest durchzuführen. Herceptin® war das erste konkrete Beispiel. Also: Effizienzzunahme und dadurch Vermeidung von unerwünschten Nebenwirkungen, gegebenenfalls Verschlechterung der Krankheit und höherer Kosten.

3.4 Schlussbemerkung

Mit dem kurzen Abriss eines Teils der Geschichte der Biotechnologie in Berlin und insbesondere bei der Schering AG sollte gezeigt werden, dass bereits sehr früh der Übergang von der klassischen Biotechnologie („Fermentationsprozesse") etc. zur modernen Biotechnologie begangen wurde. Es sollte in diesem Artikel auch deutlich werden, wie sehr die wissenschaftliche Interaktion zwischen akademischen Arbeitsgruppen und industriellen Arbeitsgruppen gerade hier in Berlin und darüber hinaus den Innovationsprozess erleichtert und beschleunigt hat. Die moderne Biotechnologie hat den Prozess der medikamentösen Therapieforschung sowie der Diagnostikforschung nachhaltig und grundlegend verändert. Hypothesenbasierte Wirkstofffindungen, die Schaffung und Optimierung von völlig neuen In-vitro-Systemen zur Testung molekularer Wechselwirkungen, die Entstehung einer molekularen Medizin, die Hervorbringung neuer, auf spezielle, sehr eng umschriebene Pathophysiologien gerichtete Therapien zum Beispiel in der Onkologie – all dies verdanken wir dem Gebiet der modernen Biotechnologie und einer wachsenden Biotech-Industrie, die in sie intensiv investiert hat.

Natürlich gab es auch überhöhte Hoffnungen in diesem Gebiet. Rückblickend und für die Zukunft muss vor übertriebenen Erwartungen gewarnt werden, um den Fehler aus den 2000er Jahren zu vermeiden, die Zeitdimension falsch einzuschätzen und Versprechungen zu machen, die nicht oder erst sehr viel später eingelöst werden können. Das prägendste Beispiel ist sicher die somatische Gentherapie, aber auch auf diesem Gebiet hat das zähe Festhalten an der prinzipiellen Richtigkeit der Idee heute zu Fortschritten geführt, die es durchaus wahrscheinlich erscheinen lassen, dass die somatische Gentherapie einen Platz im Therapiespektrum erhält. Und wenn es gelingt, das Genome-Editing weiter zu verfeinern und zu präzisieren, wird man eines Tages erneut, mit neuer Kenntnis basierend auf vorliegender Evidenz zu Sicherheit und Wirksamkeit, mit einer ganz anderen Risiko-Nutzen-Abwägung an Keimbahntherapie denken können.

Mit der Entwicklung neuer immuntherapeutischer Ansätze wird es in naher Zukunft möglich werden – speziell in der Onkologie –, die stratifizierte Medizin in eine echte personalisierte Medizin weiterzuentwickeln. Hierbei werden patienteneigene T-Zellen so mit synthetischen antigenspezifischen Rezeptoren kombiniert (CAR-T), dass

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

das körpereigene Immunsystem in die Lage versetzt wird, den Tumor anzugreifen. Erste erfolgreiche Therapien, zum Beispiel bei Leukämie, geben Anlass zu großen Hoffnungen. Sowohl in der Gentherapie als auch bei der personalisierten Medizin liegt nun eine wirklich spannende Zeit vor uns, die vermutlich auch mit neuen Geschäftsmodellen einhergehen wird.

Die IAG *Gentechnologiebericht* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften hat das bleibende Verdienst, diese spannende Entwicklung über die vergangenen annähernd 20 Jahre konsequent beobachtet, kommentiert und dokumentiert zu haben. Dass heute nahezu 40 % aller Neuzulassungen von Medikamenten auf den biotechnologischen, molekularen, genomisch neuen Erkenntnissen beruhen, zeigt, wie umwälzend diese Entwicklung für den medizinischen Fortschritt war, ist und bleibt. Und die Tatsache, dass diese Entwicklung nicht nur für die kurative Medizin von zentraler Bedeutung ist, erlaubt es mittlerweile auch, hypothesenbasiert präventive Medizin zu betreiben, das Thema „global health" in ganz anderer Weise zu definieren und eine biologisch (und nicht nur technologisch) fundierte regenerative Medizin zu betreiben. All dies verdanken wir einer Entwicklung, die mit Gregor Mendel begonnen hat und zu allen Zeiten grundlagenorientiert eine außergewöhnliche medizinische und nicht zuletzt auch wirtschaftliche Bedeutung erlangt hat.

3.5 Literatur

Kröger, F. (1999): Forscher werden Unternehmer. In: Jungle World 93. Unter: https://www.jungle.world/artikel/1999/03/forscher-werden-unternehmer [30.06.2018].

Ruppert, T. et al. (2016): Personalized medicine. Consequences for drug research and therapy. In: Advances in Precision Medicine 1(2).

Russo, E. (2003): Special Report. The birth of biotechnology. In: Nature 421: 456–457.

Science News Staff (2015): Breakthrough of the year. In: Science, Online-Publikation 17.12.2015. Unter: http://www.sciencemag.org/news/2015/12/and-science-s-2015-breakthrough-year [30.06.2018].

Stock, G./Sydow, S. (2013): Personalisierte Medizin. Paradigmenwechsel in der Arzneimittelforschung und –therapie. In: Bundesgesundheitsblatt 56: 1495–1501.

The Boston Consulting Group/Die forschenden Pharma-Unternehmen (2017): Biotech-Report. Medizinische Biotechnologie in Deutschland. Unter: https://www.vfa.de/embed/bcg2017.pdf [30.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

3.6 Anhang: Laureaten des Ernst-Schering-Preises

- Peter H. Seeburg, 1992, Zentrum für Molekulare Biologie, Universität Heidelberg für seine Arbeiten auf dem Gebiet der molekularen Biologie der GABA-Rezeptoren;
- Christiane Nüsslein-Volhard, 1993, Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie, Tübingen, für ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Entwicklungsbiologie;
- Bert Vogelstein, 1994, Oncology Center, der Johns Hopkins University, Baltimore, MD, USA, für seine Arbeiten zur Molekularbiologie des Kolonkarzinoms;
- Yasutomi Nishizuka, 1995, Universität Kōbe, Japan für seine grundlegenden Arbeiten zur Proteinkinase C;
- Judah Folkman, 1996, Harvard Medical School, Harvard University, Boston, MA, USA, für seine Arbeiten zur Angiogenese und Tumorbiologie;
- Johann Mulzer, 1997, Institut für Organische Chemie, Universität Wien, Österreich für seine grundlegenden Arbeiten zum Phänomen der Chiralität;
- Ilme Schlichting, 1998, Max-Planck-Institut für molekulare Physiologie, Dortmund für ihre richtungsweisenden Arbeiten zur kinetischen Kristallografie;
- Michael Berridge, 1999, The Babraham Institute, Cambridge, UK für seine wegweisenden Arbeiten auf dem Gebiet der Calcium-Signaltransduktion;
- Takao Shimizu, 2000, Universität Tokio, Japan für seine grundlegenden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Eikosanoide;
- Kyriacos Nicolaou, 2001, University of California, San Diego, CA, und The Scripps Research Institute, La Jolla, CA, USA, für seine herausragenden Arbeiten auf dem Gebiet der Synthese von Naturstoffen;
- Ian Wilmut, 2002, Roslin-Institut, UK, Gene Expression & Development, für seine wegweisenden Arbeiten zur Entwicklung transgener Methoden und des „nuclear transfer protocol“;
- Svante Pääbo, 2003, Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie, Leipzig für seine Arbeiten als Begründer der Paläogenetik;
- Ronald McKay, 2004, National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS), Bethesda, MD, USA, für seine Pionierarbeiten auf dem Gebiet der neuronalen Stammzellforschung;
- Thomas Tuschl, 2005, Laboratory of RNA Molecular Biology, The Rockefeller University, New York, NY, USA für seine richtungsweisenden Arbeiten auf dem Gebiet der RNA-Interferenz;
- Wolfgang Baumeister, 2006, Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried bei München, für wegweisende Entwicklungen in der Kryoelektronentomografie;

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- Carolyn Bertozzi, 2007, University of California, Berkeley, USA, für ihre überragenden Forschungsleistungen zur Funktion von Zuckerresten an Proteinen auf dem Gebiet der Glykobiochemie;
- Klaus Rajewsky, 2008, Immune Disease Institute der Harvard Medical School, Boston, USA, für seine herausragenden Arbeiten auf dem Gebiet der biomedizinischen Forschung, insbesondere für seine Arbeiten zur Analyse der Entwicklung von B-Lymphozyten;
- Rudolf Jaenisch, 2009, für seine bahnbrechenden Arbeiten auf dem Gebiet der transgenen Tiermodelle und des therapeutischen Klonens;
- Sir Ravinder N. Maini und Sir Marc Feldmann, 2010, Kennedy-Institut für Rheumatologie am Imperial College London, für ihren Kampf gegen rheumatoide Arthritis und andere Autoimmunerkrankungen;
- Bert W. O'Malley, 2011, Baylor College of Medicine in Houston, Texas, für seine Arbeiten zur Wirkungsweise von Steroidhormonen und Kernrezeptoren;
- Matthias Mann, 2012, Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried, für seine Arbeiten zur Erforschung des Proteoms, der Gesamtheit der Eiweiße (Proteine) eines Organismus;
- Frank Kirchhoff, 2013, Institut für Molekulare Virologie am Universitätsklinikum Ulm für seine wegweisenden Forschungen zur Entstehung der Immunschwächekrankheit AIDS und seine bahnbrechenden Erkenntnisse zur Evolution des HI-Virus;
- Magdalena Götz, 2014, Helmholtz-Zentrum München und Ludwig-Maximilians-Universität München für ihre Arbeiten zur Erforschung der molekularen Grundlagen der Gehirnentwicklung;
- David MacMillan, 2015, Institut für Chemie an der Universität Princeton, USA für seine bahnbrechenden Beiträge zur Organokatalyse und Organokaskaden-Katalyse;
- Franz-Ulrich Hartl, 2016, Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried, für seine herausragenden Forschungsarbeiten zur Rolle der Chaperone bei der Proteinfaltung in der lebenden Zelle.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Dirk Lanzerath

4. Ethische Kriterien und Argumente im Wandel der Zeit

4.1 Einführung

Ethik, die sich mit den Anwendungen der modernen Biotechnologie befasst, unterwirft sich einem analytischen Verfahren, das die Mittel und Ziele der infrage stehenden Technik in ein Verhältnis setzt zu den Werten und moralischen Prinzipien einer Gesellschaft, in der die Technik eingesetzt wird oder eingesetzt werden soll. Die Ethik widmet sich daher sehr grundsätzlich den normativen Anforderungen, die sich für die Entwicklung einer Gesellschaft stellen, wenn sie vor der Frage steht, ob Techniken wie die Bio- und Gentechnologie eingeführt, neu geregelt oder ihre Anwendungen ausgebaut oder eingeschränkt werden sollen. Was bedeutet biotechnisches Handeln für eine *Gesellschaft* und ihr *Selbstverhältnis*? Welche Auswirkungen haben solche Techniken auf das Verhältnis des Menschen zu *Tieren*, aber auch zur *Natur* insgesamt? Wie werden sich *klinische Methoden* und *medizinische Zielsetzungen* etwa durch Gentechnik und Genome-Editing verändern?

Ethische Reflexionen gehen damit deutlich über eine Risikobewertung hinaus, wie sie etwa zur Technikfolgenabschätzung gehört.[1] Ein ethisches Urteil sollte vor allem geleitet sein durch eine sorgfältige Analyse von Handlungs- und Beweggründen, die in einer Gemeinschaft ausgetauscht werden. Eine besondere Herausforderung liegt darin, dass sich einzelne Handelnde in einer globalen Gesellschaft mit sehr unterschiedlichen Gewichtungen von Normen und Werten in einzelnen Traditionen konfrontiert sehen. Dies trifft insbesondere auch auf Technologien der Gen- und Biotechnik zu, die wissenschaftlich, wirtschaftlich und lebensweltlich von länderübergreifender Bedeutung sind. In einer gewissenhaften Abwägung der befürwortenden und ablehnenden Argumente, der Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes neuer Technologien, ist es das Ziel

1 Zur Technikfolgenabschätzung im Kontext der Bio- und Gentechnologien siehe auch den Beitrag von Grunwald/Sauter (Kap. 10).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

eines ethischen Diskurses, die richtige Mitte zu finden zwischen einerseits einem *naiven Fortschrittsoptimismus* und andererseits einer *lähmenden Technikangst*. Die von Hans Jonas in seiner Technikethik angeführte „Heuristik der Furcht" (Jonas, 1979: 63) beschreibt keineswegs eine solche Technikangst, sondern vielmehr den Vorschlag für eine vernünftige Praxis des „precautionary principles" im nachhaltigen Umgang mit Technik. Durch Beachtung des „precautionary principles" sollen Belastungen und Schäden für Gesundheit, Gesellschaft und Umwelt trotz *unvollständiger Wissensbasis* vermieden oder weitestgehend verringert werden (van den Daele, 2007; Amman et al., 1999; Ahteensuu, 2008; Mepham, 2008; Munthe, 2011; Deblonde, 2010; Andorno, 2004; Harremoës et al., 2002; Rippe, 2001). Vor diesem Hintergrund ist es nicht Aufgabe der Ethik, den einzelnen Akteuren wie Wissenschaftlern, Ingenieuren, Landwirten, Produzenten, Politikern oder Verbrauchern die Handlungsverantwortung abzunehmen. Vielmehr stellt Ethik Analysen für die je eigene ethische Urteilsbildung bereit. Ihre Aufgabe liegt insbesondere darin, das Verhältnis von ethischen Prinzipien und praktisch moralischen Herausforderungen als ein *Überlegungsgleichgewicht* („reflective equlibrium") aufzugreifen: Angewandte Ethik wendet nämlich Prinzipien nicht einfach in der Praxis an, sondern die Erfahrungen mit einer Praxis wirken auch auf den Gehalt der Prinzipien zurück. Da Bio- und Gentechnik insbesondere Eingriffe in nicht menschliche Lebewesen vornehmen, sind aus ethischer Sicht nicht nur Fragen etwa der menschlichen Gesundheit und des sozialen Miteinanders angesprochen, sondern insbesondere sehr grundsätzlich das sich ständig entwickelnde normative Verhältnis, welches der Mensch mit der Natur und insbesondere mit Tieren pflegt. Gentechnisches Handeln betrifft daher zahlreiche Aspekte der menschlichen Lebensform und ihrer Umwelt.

In einer Analyse ethischer Herausforderungen durch die Biotechnik können verschiedene Problemfelder unterschieden werden, anhand derer *ethische Kriterien* zur Prüfung von gentechnischen Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln sind. Zunächst ist auf das grundsätzliche Verhältnis einzugehen, das der Mensch mit seiner Technik zur Natur eingeht (4.2) und welche Bewertungskriterien hierfür in Natur- und Umweltethik im gentechnischen Umgang mit Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen entwickelt werden können (4.3). Diese Kriterien helfen, bei der normativen Bewertung von Technologien abzuwägen, welche Ziele und welche Mittel im Verhältnis zu anerkannten Gütern in einer Gesellschaft als rechtfertigungsfähig bestehen können und wie sich in diesem Bewertungsfeld normative Einstellungen im Laufe der Zeit ändern können (4.4). Vor dem Hintergrund der Bedeutung der Gen- und Biotechnik für die Herstellung von Lebensmitteln ist sehr grundsätzlich die anthropologisch-ethische Frage danach zu stellen, welche Rolle Lebensmittel in einer jeweiligen Kultur und Lebensform spielen und welche Veränderung Kultur und Lebensform an dieser Stelle zulassen (4.5). Bei der Bewertung

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der Gentechnik, die mit höher entwickelten Tieren arbeitet, ist aus ethischer Perspektive nicht nur das Wohl von Mensch und Gesellschaft zu berücksichtigen. Vielmehr stellen transgene Tiere auch eine große und eigene Herausforderung für Tierschutz und Tierwohl dar (4.6). Bei der Anwendung von gentherapeutischen Verfahren in der Humanmedizin sind insbesondere die grundsätzlichen medizin- und forschungsethischen Prinzipien auf ihre Einhaltung und Anwendung hin zu überprüfen (4.7).

4.2 Verhältnis von Mensch, Technik und Natur

Gentechnische Verfahren greifen idealerweise *nach bestimmten Zwecksetzungen geplant* in die Natur ein: in die Natur um uns herum, die uns in Form von Tieren, Pflanzen oder Mikroorganismen gegenübersteht, aber auch in unsere eigene Natur. Nicht, *dass* der Mensch überhaupt in die Natur eingreift, ist ein neuer Aspekt von Gen- und Biotechnik, denn das tut er, seitdem er auf der Erde erschienen ist. Neu an der Gentechnik sind hingegen die *Tragweite* und *Tiefe des Eingriffs* in die Natur. Sie wandelt die Natur von Organismen in einer Weise um, wie es etwa traditionelle Züchtungs- und Selektionsprogramme nicht vermocht haben. Die zufällige Mutation wird gezielt herbeigeführt, genetisches Material kann zwischen Organismen unterschiedlicher Artzugehörigkeit ausgetauscht werden. Zentrale Eigenschaften von Organismen können auf diese Weise fundamental verändert werden. Mit der *synthetischen Biologie* wird die Gentechnik zudem nicht nur erweitert, sondern es werden auch technische Elemente in Organismen integriert oder mit ihnen über Schnittstellen verbunden (Baldwin et al., 2012; Schmidt, 2012). Je nach Grad von biotechnischer Konstruktion und Umwandlung heben sich diese biologischen Systeme erheblich von ihren natürlichen Ursprungsformen ab. Manche dieser Systeme lassen sich weder eindeutig der Kategorie eines natürlich gewachsenen Organismus noch der einer technisch geschaffenen Maschine zuordnen, sodass sich ein Teil der so entstandenen Biokonstrukte an der Grenze zwischen *Lebensform* und *Artefakt*, zwischen *Natur* und *Technik* bewegt (Karafyllis, 2003; Lanzerath, 2015).

Mit den verschiedenen Verfahren der Biotechnik wird eine neue, „künstliche Natur" geschaffen, etwa im Rahmen der Erzeugung von Nutz- und Versuchstieren oder innerhalb der Lebensmittelproduktion. Diese „künstliche Natur" als Teil unserer modernen Kultur zu begreifen, führt zu ersten ethischen Überlegungen. Jedes Lebewesen greift als Teil der Natur auch in die es umgebende Natur in mannigfacher Weise *produzierend* und *konsumierend* ein. Aber anders als bei anderen Naturwesen ist der Mensch dabei nicht völlig naturdeterminiert oder instinktgeleitet. Um zu überleben, muss der Mensch in die Natur eingreifen, indem er Kultur schafft, die für ihn zu einer „zweiten Natur" wird (McDowell, 1996; Kertscher/Müller, 2017). Dieser Ausdruck der aristoteli-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

schen Tradition verdeutlicht, dass Kultur auch immer Auslegung und Formung der ersten, biologischen Natur des Menschen ist, weil alle Vermögen des Menschen in dieser ersten Natur ihren Ursprung haben. Technik und Kultur bleiben daher immer auch mit ihrer natürlichen Herkunft verbunden, sodass *in Kultur umgeformte Natur* nicht gänzlich künstlich wird. Dies ist nicht nur genealogisch bedeutend, sondern auch normativ. Denn auch als moralische Subjekte bleiben wir stets Lebewesen, die sich *in* der Natur weiterentwickeln und die sich nicht *aus* der Natur entfernen (McDowell, 1996: 112–125).

Tierzucht, Pflanzenzucht und das Nutzbarmachen von Mikroorganismen gehören zu diesem Kulturschaffen des Menschen *in* der Natur. Mit Gen- und Biotechnik wird zwar zunächst der Gedanke der Zucht fortgesetzt, doch freilich sind die Unterschiede zwischen traditioneller Züchtung und gentechnischem Eingriff nicht zu übersehen. Allerdings wird auch mit der Gentechnik *das natürlich Vorgefundene nur abgewandelt* und neu zusammengesetzt, nicht – wie der Gebrauch des Terminus „Technik" suggeriert – erfunden und hergestellt. Dies führt möglicherweise zu schnelleren Zucht- und Herstellungsergebnissen, aber auch zu neuartigen Risiken, da kleine Veränderungen in den genetischen Bausteinen große Wirkungen für Organismus und Umwelt haben können. Ob die neue Präzision des Genome-Editings auch auf die Vermeidung von Nebenwirkungen zutrifft, muss sich erst herausstellen (Kosicki et al., 2018).

4.3 Kriterien in Natur- und Umweltethik

Mit der Zunahme des Wissens über die Natur hat der Mensch immer mehr Macht und damit Gestaltungskraft über die Natur bekommen und auf diese Weise stetig natürliche Barrieren des Handels überschritten und diese versetzt. Verstanden Aristoteles und Thomas von Aquin die Natur gleichzeitig als das schicksalhaft „Vorgegebene" *und* zur Gestaltung „Aufgegebene", steht für Francis Bacon die Macht über die Natur im Mittelpunkt. Descartes beschreibt den Menschen gar als „Herrn und Besitzer über die Natur". Mit der Neuzeit wird daher die Natur mehr und mehr zum reinen Gegenstand, der in Forschung und Praxis bearbeitet, gestaltet und manipuliert wird (Honnefelder, 2011: 13; Mittelstraß, 2003). Gleichzeitig weicht durch die zunehmende Naturbeherrschung für den Menschen das dämonisch-bedrohliche Element der „wilden Natur". Damit konnte sich das Ästhetische, das der Mensch beim Betrachten und Erleben der wilden und kultivierten Natur empfindet, immer deutlicher entfalten. Gleichwohl holt den Menschen der technischen Zivilisation das bedrohliche Moment der Natur wieder ein durch negative und teilweise irreversible Nebeneffekte seines Handelns wie dies etwa beim Klimawandel, der Ausbreitung von Monokulturen und dem Rückgang der Biodiversität deutlich wird (Lanzerath, 2014).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Natur ist jedoch nicht nur Gegenstand und Gegenüber des Menschen. Denn trotz vielfältiger Formen der Naturbeherrschung durch den modernen Menschen kann dieser sich nicht von der Natur befreien. Auch der moderne Mensch *ist Natur* und *lebt in Abhängigkeit von der Natur.* Er steht durch die Aufnahme von Luft und Nahrungsmitteln in einem ständigen metabolischen Austausch mit der Natur (Schäfer, 1993). Eine *intakte Natur* ist daher *notwendige Bedingung* für das Überleben und das Kulturschaffen des Menschen. Die modernen Bedrohungen, denen der Mensch ausgesetzt ist, stehen oft im Zusammenhang mit einer mangelnden Naturbeherrschung. Wird die *Natur* nur noch als das *zu beherrschende und fremde Gegenüber* verstanden, und nicht mehr als die Grundlage der metabolischen Verschränkung von Mensch und Natur, dann führt der damit einhergehende *Natürlichkeitsverlust* zur Bedrohung des Menschen durch sich selbst.

Mit dem Bewusstsein der eigenen Natur und ihrer Eingliederung in die umgebende Natur wird nicht nur die Einheit der Natur, sondern auch ihre vielfältige Verschiedenheit erfahrbar. Es ist nicht nur eine Verschiedenheit hinsichtlich des Nutzens, den der Mensch aus ihr zieht, es ist auch die in ihr selbst angelegte Verschiedenheit, als das Ergebnis einer Millionenjahre alten Evolution. In dieser natürlich gewachsenen Differenziertheit hat sich eine inhärente Stufung der Lebewesen herausgebildet. Unter dem Begriff einer *scala naturae* hat sie schon früh das menschliche Verständnis von der Natur und den Umgang mit ihr bestimmt (Siep, 2004: 227, 283–303). Als Kriterien der Differenzierung begegnen die Unterscheidung zwischen unbelebter und belebter Natur und innerhalb der belebten Natur die Unterscheidung nach dem Maß der Ausbildung des dem Leben eigenen Selbstseins, das heißt nach organischer Differenzierungsstufe und Selbstorganisationsniveau. Dabei spielt die Stufe der Bewusstheit eine besondere Rolle. Hängen doch nach allem, was wir aus Physiologie und Ethologie wissen, Schmerzempfindung und Leidensfähigkeit an der Voraussetzung bewussten Wahrnehmens. Diese Differenzen in den Organisationsschritten spielen eine Rolle, wenn in der Ethik gewichtet werden soll, welche *Schutzpflichten* wir gegenüber anderen Lebewesen hinsichtlich ihres Wohlergehens zu beachten haben – insbesondere, wenn sie sich wie in Labor und Landwirtschaft in menschlicher Obhut befinden.

Zur Diskussion in der Umwelt-, Tier- und Naturethik steht dann, wie menschliches Verhalten gegenüber einer nicht menschlichen Natur begründet werden und welcher *Wert* (oder sogar *Eigenwert*) der Natur dabei anerkannt werden kann und muss. Die moralische Debatte auf diesem Feld bezieht sich damit vor allem auf die *Reichweite* des Schutzanspruchs. Worin genau liegt der Wert von einzelnen Lebewesen? Ist er *nur instrumentell* und damit im Nutzen für den Menschen zu verorten oder kommt der Natur oder einzelnen Bereichen ein eigener, *inhärenter* Wert zu?

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Je nach Beantwortung dieser Fragen gelangt man zu unterschiedlichen natur- und umweltethische Argumentationen, die sich häufig an den Grundtypen von *anthropozentrischen*, *pathozentrischen*, *biozentrischen* oder *holistischen* Ansätzen orientieren (Ott et al., 2016; Kabasenche et al., 2012).[2] Diese vier umweltethischen Ansätze unterscheiden sich hinsichtlich des Umfangs der Objekte, denen ein Eigenwert beigemessen wird und denen gegenüber somit direkte Schutzpflichten bestehen. Allen Ansätzen ist gemeinsam, dass sie *anthroporelational* sind. Das bedeutet, dass sich der Wert, welcher der Natur zugesprochen wird, in Schutzansprüchen zeigt, die immer auf den Menschen bezogen sind (Pinsdorf, 2016). Nur der Mensch kann als moralisches Subjekt Adressat von Schutzpflichten sein, nur er ist fähig, diesbezüglich Handlungsregeln aufzustellen und Verantwortung zu übernehmen.

Kein Ansatz kommt aber umhin, das menschliche Naturverhältnis zu bestimmen. Verstehen wir den Menschen nicht als zweiteilig organisiertes Wesen, in dem Natur (Körper) und Geist (Seele) als voneinander getrennte Seinsweisen verstanden werden, sondern fassen wir den Menschen als eine Einheit von beiden Wesensmerkmalen auf, dann ist auch die menschliche Person selbst *natürliches Lebewesen* (Lanzerath, 1998; Lanzerath, 2014). Dieses gleichermaßen vermittelte wie unvermittelte Verhältnis, das der Mensch zur Natur hat – verstanden als Natur, die er ist und als die, der er als handelndes Subjekt gegenüber steht –, kann als ein Fundament aufgefasst werden, auf dem *die ethische Beurteilung der Anwendung gen- und biotechnischer Methoden* aufbauen kann. Es ist nämlich gerade die Subjektstellung und die Einheit von moralischem Subjekt und menschlichem Lebewesen, die die Beachtung der Ansprüche auferlegt, die aus der dem Menschen eigenen und der ihn umgebenden Natur an ihn ergehen. Dies ist zunächst schon aus einem aufgeklärten Eigeninteresse geboten. Denn wenn *der Mensch nur als Teil*

2 *Anthropozentrische* (nur den Menschen betreffende) umweltethische Ansätze gehen davon aus, dass anderen Lebewesen nur insofern ein Wert zukommt, als sie bedeutsam oder wertvoll für den Menschen sind. Eigenwert haben dabei ausschließlich Menschen. Aus *pathozentrischer* Sicht kommt denjenigen Lebewesen ein Wert zu, die Schmerz empfinden können und die diesen durch beobachtbares Verhalten, z. B. Zittern oder Fluchtbestreben, ausdrücken können. Zumindest höhere Tiere und der Mensch genießen danach einen Schutzanspruch. Indirekt würde damit auch die Umwelt geschützt werden müssen, insofern unter einer zerstörten Umwelt nicht nur Menschen, sondern auch Tiere leiden. Weiter als beim Pathozentrismus geht die Schutzbegründung im *Biozentrismus*, da sich dieser auf sämtliche Lebewesen bezieht. Die menschliche Verantwortung erstreckt sich dann nicht nur auf Organismen, die von Interesse für den Menschen oder die leidensfähig sind, sondern auf alle Lebewesen. Im *Holismus* ist die Ganzheit der belebten und unbelebten Natur Träger eines moralischen Wertes. Nicht nur einzelne Lebewesen, sondern die Gesamtheit der Natur wie auch natürliche Systeme (etwa Ökosysteme oder ökologische Nischen) werden dabei berücksichtigt. Der Schutz des Menschen soll sich dieser Argumentation zufolge auf die gesamte Natur beziehen, nicht, weil bzw. insofern sie nützlich, schmerzempfindend oder belebt ist, sondern einfach, weil sie existiert.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der Natur gedeihen („*flourishing*“) kann (Nussbaum, 1999: 35), die ihrerseits allein zu gedeihen vermag, wenn sie in den ihr eigenen Ansprüchen respektiert wird, ist ein Schutz der umgebenden Natur als Lebensbedingung und Ressource des Menschen, aber auch als Teil der kulturellen und sozio-ökonomischen Lebenswelt, die der Mensch als schätzenswert betrachtet, unablässig. Welche gentechnischen Anwendungen zu nicht gewollten weiteren Entfremdungen zwischen Mensch und Natur beitragen, ist genau zu prüfen. Gerade die immer artifizieller werdende Landwirtschaft wird mehr und mehr zu einem Symbol für die *Entfremdungserscheinung* zwischen Mensch und Natur. Während die Werbung für landwirtschaftliche Produkte insbesondere in Deutschland und Europa häufig auf „Natürlichkeit“ setzt, wird die Landwirtschaft selbst immer artifizieller. Die Forderung nach mehr *Nachhaltigkeit* und *Natürlichkeit* rückt nun aber mehr ins gesellschaftliche Bewusstsein.[3] Natürlichkeit ist aber längst nicht gleichbedeutend mit „gut“ und Künstlichkeit demgegenüber mit „schlecht“. Vielmehr sind neue Techniken – so auch die in der Landwirtschaft – auf ihre jeweilige Tierwohl-, Umwelt-, Sozial- und Gesundheitsverträglichkeit hin zu prüfen. Bei dieser Prüfung spielen jedoch *Natürlichkeitssätze* eine gewichtige Rolle (Siep, 2004: 209–226, 243–254), wenn damit Balancen gemeint sind, die unsere Einpassung als Lebewesen in einen nachhaltig zu organisierenden Umgang mit Natur und Umwelt beschreiben.

Dass etwa künstliche Klonverfahren zur Wiederbelebung von ausgestorbenen Arten beitragen könnten, gehört zu hochumstrittenen Ideen, die biotechnische Kreation der Bewahrung des Natürlichen vorziehen. Umstritten ist die Idee nicht nur deshalb, weil die Erfolgsaussichten eher gering sind, da viele Arten aufgrund des zerstörten Lebensraums ausgestorben sind, sondern weil die Bemühungen und Ressourcen besser auf den *Erhalt* von Arten und ihren Lebensräumen gerichtet sein sollten (Honnefelder et al., 1999; Cottrell et al., 2014).

Entscheidend für Überlegungen im Umgang mit Tieren und anderen Lebewesen ist, welches Verhältnis der Mensch – als der einzige vernunftbegabte Akteur auf Erden – den anderen Lebewesen gegenüber einnimmt. Während die Kernthese des epistemischen Anthropozentrismus, die besagt, dass Menschen Überlegungen und Urteile grundsätzlich nur aus der menschlichen Perspektive vollziehen und vollstrecken können, selten angezweifelt wird, läuft dies nicht zwangsläufig auf eine „ethische Sonderstellung der humanen Lebensform“ (Sturma, 2013: 144) hinaus. Der Mensch ist Subjekt der Moral nicht nur aus dem Interesse an seinem eigenen Wohlergehen, sondern auch aus dem Interesse, für sein eigenes Handeln Gründe angeben zu können, das heißt sich

3 Zur Risikobewertung der Gentechnologie in der Landwirtschaft siehe auch den Beitrag von Renn (Kap. 6).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

vor seiner Vernunft verantworten zu können. Das Interesse, dem folgen zu können, was die Vernunft als gut erkennt, impliziert aber nicht nur die Anerkennung des gleichen Interesses bei jedem anderen Vernunftwesen, sondern fordert nach dem Grundsatz, Gleiches gleich zu behandeln, auch die Anerkennung gleichartiger Strebungen bei nicht menschlichen Lebewesen (Regan, 2004: 128; Honnefelder et al., 1999: 308 ff.). So ist der Schmerz des Tiers analog zu dem des Menschen ernst zu nehmen, und wird im ethischen Bewusstsein des Menschen im Gedanken des Tierschutzes auch gewürdigt (Honnefelder et al., 1999: 299–230; siehe auch 4.6). Doch unterscheidet sich die Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen von der anderer höher organisierter Tiere dadurch, dass er sich zur eigenen Schmerzerfahrung noch einmal in ein Verhältnis setzen kann, was ihn beispielsweise schwere oder chronische Krankheit nicht nur als schmerzvollen Zustand, sondern auch als Ohnmachtserfahrung und Sinnverlust erleben lässt, ihm aber auch die Möglichkeit gibt, solche Zustände anzunehmen: Er kann zudem Schmerzzustände im Bewusstsein, dass sie Teil des therapeutischen Prozesses sind, aushalten (Tambornino, 2013; Lanzerath, 2000: 204–209; Höffe, 1993: 222).

Bio- und gentechnische Eingriffe sind nicht nur daran zu messen, wie sie sich auf den Menschen und das Wohl leidensfähiger Tiere auswirken, sondern auch, wie sie die *dynamische Struktur und Ordnung der Natur* verändern. Wenn nämlich natürliche Systeme Schaden nehmen, wird dem Menschen seine Natur und damit die Grundlage seiner Subjektivität entzogen. Diese natürliche Ordnung selbst und die autopoietische Entwicklung von Lebewesen in ihr erfahren eine eigene Form der Wertschätzung, so dass gerade in biozentrischen Ansätzen dem natürlich gewordenen Lebewesen auch ein intrinsischer Wert zugeordnet wird und nicht nur ein Nutzwert. Je künstlicher und technischer der Umgang mit Tieren erfolgt, desto eher rückt ihr instrumenteller Wert in den Mittelpunkt, wie er eher Artefakten zugeordnet wird (Dworkin, 1994: 115). Jeder menschliche Eingriff muss daher mit der Verschränkung von Natur und Kultur und den damit verbundenen *Zuträglichkeiten* mannigfacher Art rückgekoppelt werden. Dies erfolgt insbesondere in einer Analyse von Zielen und Mitteln in Bezug auf in einer Gesellschaft anerkannte Güter.

Im Mittelpunkt der umweltethischen Debatten der letzten Jahre stehen insbesondere Gene-Drive-Methoden[4] zur beschleunigten Ausbreitung von Fremdgenen in Populationen. Es wird etwa diskutiert, zur Bekämpfung der Ausbreitung von Malaria Anophelesmücken in den Tropen genetisch zu modifizieren. Der Gene-Drive beeinflusst auch zukünftige Generationen und stellt eine langfristige Veränderung in einer lebenden

4 Für mehr Informationen zu Gene-Drive insbesondere bei Anophelesmücken siehe etwa Merlot (2018).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Spezies oder zumindest in einer Population dar, wie sie bislang in dieser Breite nicht möglich gewesen ist. Im Juni 2016 veröffentlichten die amerikanischen National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) einen Bericht zur Bewertung des Gene-Drives. Da sich der Gene-Drive selbst fortpflanzt, ist davon auszugehen, dass er sich in Abhängigkeit von den ökologischen Standortbedingungen auch auf andere als die Zielpopulationen auswirkt. Trotz mangelnder Evidenzen hinsichtlich des Verhaltens der Gene in freigesetzten Organismen, sieht die Akademie ein großes Potenzial beim Gene-Drive für Grundlagen- und angewandte Forschung. Dies rechtfertige die Durchführung von Laboruntersuchungen, aber nur von streng kontrollierten Feldversuchen (NASEM, 2016: 177). Die Association for Responsible Research and Innovation in Genome Editing (ARRIGE) unter europäischer Führung fordert, dass die Sicherheitsforschung hierfür verstärkt wird, um die möglichen negativen Auswirkungen von Gene-Drive mit einer gründlichen Risikobewertungsanalyse zu stützen, bevor Studien außerhalb des Labors durchgeführt werden. Diese Feldversuche sollten unter strengen Vorsichtsmaßnahmen durchgeführt werden, die denen ähneln, die bereits für infektiöse Ansätze und solche mit genetisch veränderten Organismen (GVO) entwickelt worden sind. Angesichts der Übertragbarkeit dieser genetischen Modifikationen sowie der Irreversibilität möglicherweise auftretender genetischer Fehler, sind nur Langzeitbeobachtungen wirklich aussagefähig (Chneiweiss et al., 2017). Bei aller Neuheit der Verfahren unterscheiden sich die ethischen Argumente und die Forderungen nach mehr Sicherheitsforschung nicht wesentlich von denen, die bei der klassischen Gentechnik bereits vorgebracht worden sind.

4.4 Zuträglichkeiten und Verträglichkeiten: Ziele, Mittel und Güter

Gilt es, bei einer möglichen Einführung von gentechnisch veränderten Produkten aus der medizinischen, biologischen und agrarwissenschaftlichen Forschung deren Vorzüge zu nutzen und gleichzeitig die damit verbundenen Risiken zu meiden, dann kann dies aus ethischer Perspektive nur über eine Prüfung von *Zuträglichkeiten* und *Verträglichkeiten* erfolgen. Diese beziehen sich sowohl auf die Frage nach *der Legitimität der Ziele* von Gen- und Biotechnik als auch auf die *Vertretbarkeit des in Anspruch genommenen Mittels,* nämlich der bio- und gentechnischen Veränderung selbst. Im Mittelpunkt stehen damit zwei Fragen: Sind die mit Gen- und Biotechnik verfolgten *Ziele hochrangig* genug, um Risiken von unerwünschten Nebenfolgen beim Mitteleinsatz zu rechtfertigen? Sind Gen- und Biotechnik ein *adäquates Mittel* zur Lösung der anvisierten Probleme oder gibt es nicht bessere Alternativen, die zum gewünschten Ziel führen?

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Ein Blick auf die moderne Forschungslandschaft macht deutlich, dass es längst nicht mehr alleiniges *Ziel* der modernen Forschung ist, die theoretische Neugier des Menschen zu befriedigen, sondern das Anwendungspotenzial wissenschaftlichen Wissens im Blick auf die praktischen Bedürfnisse des Menschen zu erweitern, wie dies bereits im Wissenschaftskonzept von Francis Bacon zum Ausdruck kommt. Wenngleich die *Grundlagenforschung* in diesem Gebiet auf reinen Erkenntnisgewinn angelegt ist, um etwa grundsätzliche Mechanismen der Vererbung, der Genexpression und Genregulation zu verstehen, so lässt sich in der gentechnischen Forschung überwiegend ein *Anwendungsbezug* erkennen. Zumindest für einige der Forschungszweige ist in ganz besonderer Weise eine enge Verschränkung von *theoretischem* und *praktischem Wissen* erkennbar.

Mit der Einführung einer neuen Technik – so auch der Gentechnik – werden sehr unterschiedliche Ziele verfolgt: Positiv formuliert gilt es, die Lebensqualität hinsichtlich Gesundheit oder Ernährung zu verbessern, die Erträge zu steigern, Arbeitsplätze zu schaffen, nachhaltig zu wirtschaften, ökonomische Gewinne zu maximieren etc. Diese Ziele sind je für sich im Rahmen eines Abwägungsprozesses im Hinblick auf eine Forschungsrichtung oder deren Anwendung ethisch zu gewichten und zu bewerten. Nicht zuletzt ist bei öffentlich finanzierter Forschung hinsichtlich der hierfür erforderlichen Finanzmittel stets zu begründen, wofür solche limitierten Ressourcen sinnvoll eingesetzt werden sollen.

Bei der Entwicklung neuer oder veränderter Lebensmittel mittels Gentechnik ist hinsichtlich der *Ranghöhe der Zielsetzung* beispielsweise die *Sicherung der Nahrungsgrundlagen* von entscheidender Bedeutung. Bei wachsender Bevölkerungszahl ist dies besonders im Bereich der Entwicklungsländer virulent. Dass eine ausreichende Ernährung der Bevölkerung ein fundamentales politisches Ziel ist, bestreitet kaum jemand. Es wird jedoch hinsichtlich der Mittel angezweifelt, ob Gen- und Biotechnik hierzu etwas Entscheidendes beitragen können. Für andere Zielsetzungen, zum Beispiel die Entwicklung von nicht notwendigem Designer-Food, fällt eine Begründung deutlich schwerer. Ähnliches gilt für „Genart", wie etwa fluoreszierende transgene Fische (etwa GloFish; West, 2006), wenn sie nur ein Kunstobjekt darstellen sollen und nicht anderen Zwecken dienen. Selbst bei kalkulierbaren Risiken wird kritisch diskutiert, ob eine Gesellschaft derartige Nahrungsmittel und Kunstobjekte braucht, unter Inkaufnahme von möglichen Risiken für Mensch und Tier. Deutlich weniger problematisch wird in der Regel der Einsatz von Enzymen (Chymosin, Amylasen, Pektinasen, Insulin u. a.) bewertet, die mithilfe von gentechnisch modifizierten Mikroorganismen oder inzwischen auch über Milchdrüsen von Säugetieren im Rahmen der Lebensmittel- oder Arzneimittelproduktion hergestellt werden. Die Verfahren werden insbesondere dann positiv bewertet,

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

wenn die Gewinnung aus konventionellen Quellen ungleich aufwendiger, qualitativ schlechter und mit analogen Risiken behaftet ist.

Mit der *therapeutischen* Zwecksetzung ist das *sehr hochrangige Gut der Gesundheit* des Menschen angesprochen, das einen wichtigen ethischen Rechtfertigungsfaktor für diese Verfahren liefert. Gegenüber diesen gentechnischen Anwendungen im medizinischen werden gentechnische Anwendungen im landwirtschaftlichen Bereich – besonders bei der Lebensmittelproduktion – hinsichtlich einer legitimierenden Nützlichkeit und Verträglichkeit ihrer Zielsetzung häufig infrage gestellt. Dies gilt zumal dann, wenn es an Handlungsalternativen nicht mangelt.

Nicht zuletzt wird auch die Züchtung transgener Versuchstiere als *Krankheitsmodellorganismen* zur Erforschung neuer Therapieformen – besonders bei genetisch oder teilweise genetisch bedingten Krankheiten – vielfach als wünschenswert betrachtet. Festzuhalten bleibt, dass dann, wenn *besonders hochrangige* Güter – wie beispielsweise die *Gesundheit* des Menschen – in den Blick genommen werden, hierfür erfolgversprechende Mittel häufig befürwortet werden.

Lange Zeit hatten transgene Nutztiere in der *Landwirtschaft* kaum praktische Bedeutung. Mit Ausnahme von Lachs werden weltweit bisher keine Lebensmittel und andere Produkte, die von transgenen Wirbeltieren stammen, angeboten. Es gab zwar zahlreiche Forschungsprojekte, doch verglichen mit Pflanzen war das Einführen neuer Gene in das Erbgut von Tieren nicht nur aufwendiger, sondern auch fehleranfälliger. Häufig waren transgene Tiere unfruchtbar. Doch mit der Einführung des Genome-Editings wie etwa CRISPR/Cas9 haben sich neue Perspektiven eröffnet. Nun scheint in der Tierzucht möglich, was die klassische Gentechnik nahezu aufgegeben hatte. Es gibt Fortschritte in der Forschung mit Nutztieren etwa in Bezug auf Fleischproduktion (Erhöhung von Fleisch, Erhöhung von Omega-3-Fettsäuren), Milchproduktion (Verbesserung der Milchzusammensetzung), Faserproduktion (verbesserte Wolle) oder Anpassung an neue Habitate (wie Fischzucht in kälteren Gewässern) (Niemann/Wrenzycki, 2018; Telugu et al., 2016: 8–10; Ormandy et al., 2011). Im Bereich der *Versuchstiere* für die medizinische Forschung hat dies jedoch schlagartig zu einer deutlich gestiegenen Anzahl der Versuchstiere geführt, was den Zielen des *Tierschutzes* und den Ansprüchen einer Tierethik entgegenläuft (vgl. 4.6). In vielen Fällen ist es aber weniger die Zielfrage, die normativ zur Disposition steht. Vielmehr gibt es vornehmlich Zweifel daran, ob Gentechnik das geeignete Mittel ist angesichts der Risiken. Sollten diese Bedenken ausgeräumt werden und auch die wirtschaftsethischen Aspekte (Abhängigkeiten) und die Fragen zur sozialen Gerechtigkeit (Verteilungsgerechtigkeit) befriedigend geklärt werden, könnte die Gentechnik – gerade mit den neuen Verfahren des Genome-Editings gegenüber der klassischen Gentechnik – tatsächlich auch unter normativer Perspektive

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

wieder stärker in den gesellschaftlichen Fokus rücken. Dies setzt jedoch voraus, dass Genome-Editing-Verfahren halten, was ihre Proponenten derzeit versprechen.

4.5 Lebensmittel als Teil von Kultur und Lebensform

Gerade der Umgang mit Lebensmitteln ist ein zentrales Beispiel für das eingangs skizzierte Verhältnis des Menschen zu Natur und Kultur. Vom Anbau über die Zucht bis hin zu Zubereitung und Verzehr wird ersichtlich, in welcher Weise im menschlichen Handeln Natur und Kultur miteinander verschränkt sind. In Lebensmitteln vereinigen sich *Naturbewältigung und Schaffung von Kultur.* Daher dienen sie nicht nur der Nahrungsaufnahme, sondern sind eng mit der *Identität* und dem normativen Selbstverhältnis des Menschen verbunden. Insofern zielt eine ethische Beurteilung der Verwendung gentechnisch veränderter Lebensmittel nicht nur auf die Frage nach den ökologischen und gesundheitlichen Risiken, sondern auch auf die Einstellungen, die das Kultur- und Naturwesen Mensch zu Ernährung und Lebensmitteln grundsätzlich hat.

Die Kenntnisse, die wir über die Lebensweise der frühen Lebensgemeinschaften von Homo sapiens haben, veranschaulichen, dass das Zubereiten des Gesammelten oder Erjagten für den Menschen schon in der Frühzeit nicht nur Bedingung der Ernährung und des bloßen Überlebens ist. Vielmehr noch ist es Teil der Kultur, in der der Mensch in Überschreitung seiner rein naturalen Bedürfnisse die Lebensform schafft, die ihn nicht nur *leben*, sondern *gut leben* lässt. Nahrung kann als *Lebens-Mittel* – das heißt *Mittel zum Leben* – in diesem umfassenden, Natur und Kultur verschränkenden Sinn verstanden werden (Honnefelder, 2011: 48–65; Thompson, 2007: 195–220).

Heute ist in der Regel dasjenige, was man verzehrt, nicht mehr selbst angebaut, noch durch Nähe zum Produzenten vertraut, sondern auf Wegen produziert und am Markt angeliefert, die für den Konsumenten kaum durchschaubar sind. Die Produkte sind nur vertraut durch die bekannte Gestalt und die Zugehörigkeit zu einer bewährten Herstellungs- und Zubereitungskultur. Mangelnde Akzeptanz beim Konsum landwirtschaftlicher Produkte ist oft verbunden mit einem mangelnden Vertrauen in die lange und unübersichtliche Produktions- und Handelskette zwischen Produzent und Konsument. Milch, Fleisch oder Eier werden nicht mehr beim Bauern in der Nachbarschaft erworben, sondern in der Filiale einer Großhandelskette. Für den Verbraucher ist kaum mehr nachvollziehbar, wie und in welcher Arbeitsteiligkeit die Produktion (Tierzucht, Tierfütterung, Schlachtung, Verarbeitung usf.) erfolgt oder ob die Etikettierung realistische Angaben über das Produkt macht, da die Handelswege nur bedingt rückverfolgt werden können. Fehlgriffe bei der Produktion und Betrügereien bei der Kennzeichnung der Ware führen zu einem Vertrauensbruch in Bezug auf die gesamte

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Produktions- und Handelskette. Um das Vertrauen zu erhalten, appelliert deshalb die Werbung an die *Transparenz* des Produkts und seine Naturnähe, was in der Regel nicht *Natur*belassenheit besagt, sondern Zugehörigkeit zu einer bekannten, bewährten und geschätzten *Kultur* (Honnefelder, 2011: 55–65; Siep, 2004: 243–282). Ausdifferenzierungen innerhalb einer hochkomplexen arbeitsteiligen Gesellschaft wie der der Moderne können nur Bestand haben, wenn die Rahmenbedingungen (Transparenz, Kontrollmechanismen usf.) so gestaltet sind, dass das Vertrauen der einzelnen Mitglieder der Gesellschaft in das System erhalten bleibt, bei Fehlern neu gewonnen wird und bei neu eingeführten Produkten an das Bewährte anschließt. Gerade korrekte und transparente *Kennzeichnungen*, die über Verfahren, ökologische Verträglichkeiten, Tierwohl, Inhaltstoffe und Herkunft von tierischen Produkten Auskunft geben, ermöglichen es dem Verbraucher, sich nach den eigenen ethischen Überzeugungen für oder gegen ein Produkt zu entscheiden. Dies würde unterstützt, wenn ausschließlich *unabhängig geprüfte, verlässliche und genormte Kennzeichnungen* zugelassen wären (Bütschi et al., 2009; Weirich, 2007; Falkner, 2007). Davon sind Handel und Politik jedoch noch weit entfernt.

Ist das Lebensmittel in der skizzierten Weise Teil einer Kultur, dann wird deutlich, dass ihm eine mehrfache Wertschätzung eigen ist, aus der unterschiedliche ethische Schutzansprüche resultieren, die weit über die vielfach diskutierten ökologischen und gesundheitlichen Risiken hinausgehen. Das Lebensmittel ist nicht nur in Form von Nutzpflanzen und Nutztieren ein Teil der Biosphäre und als Nahrung eine unverzichtbare Bedingung des menschlichen Überlebens, sowie in Varietät und Zusammensetzung die Voraussetzung eines dauerhaften gesundheitlichen Wohlbefindens. Seine Herstellung und sein Verbrauch ist Teil einer soziokulturellen und ökonomischen Lebensform. Sind aber die genannten Faktoren – die Lebensfähigkeit der Umwelt, das Überleben und die Gesundheit der Menschen, ihre Beheimatung in einer intakten ökonomischen, sozialen und kulturellen Welt – schützenswerte Güter, dann ergeben sich an die Herstellung von Lebensmitteln ethisch relevante Verträglichkeitsforderungen sehr unterschiedlicher Art, wie beispielsweise Gesundheits-, Human- und Sozialverträglichkeit sowie ökologische, normativ-wertethische, ökonomische, internationale und technische Verträglichkeiten. Diese Formen der Verträglichkeit sind zu prüfen, wenn neuartige Lebensmittel auf den Markt kommen sollen.

Genau dies muss auch für *gentechnisch veränderte Lebensmittel* gelten. Die Verträglichkeitsüberlegungen sind einzureihen in ein Gesamtkonzept von moderner Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion in Bezug auf die Welternährungssituation und den Klimawandel. In *gerechtigkeitstheoretischen* Überlegungen – angelehnt an ein Konzept der *Nachhaltigkeit* – wird man in jedem Einzelfall beurteilen müssen, ob sich der Einsatz von gentechnisch hergestellten Tieren rechtfertigen lässt oder ob das Bewährte viel-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

mehr optimiert werden sollte und die Ernährungsgewohnheiten nicht an ganz anderer Stelle angepasst werden müssen etwa durch die Reduktion des Fleischkonsums insgesamt, um etwa weniger Flächen landwirtschaftlich nutzen zu müssen (Twine, 2015: 127–143; Ormandy et al., 2011).

Es ist sehr deutlich, dass nach anfänglicher großer Skepsis bei der Einführung der Gentechnik in den 1980/90er Jahren hinsichtlich aller Bereiche die Zustimmung in der medizinischen Anwendung erheblich zugenommen hat, weil die Vorteile überwiegen und es im Wesentlichen um Krankheiten geht, für die keine zulängliche Therapie zur Verfügung steht. Da die Vorteile von gentechnisch veränderten Pflanzen und Tieren für Landwirtschaft und Ernährung bisher wenig überzeugend gewesen sind, könnten sich die normativen Einstellungen hierzu ändern, wenn nachgewiesen würde, dass Gentechnik in der Lage ist, Erhebliches etwa zu nachhaltiger Landwirtschaft und Ernährung beizutragen. Denn das *Gut Nachhaltigkeit* hat inzwischen einen ähnlichen Stellenwert erreicht wie das *Gut Gesundheit*, das die positive Einstellung zur Gentechnik in der Medizin begründet. Es gibt derzeit keine ernsthaften Hinweise auf eine gesundheitsschädliche Wirkung gentechnisch veränderter Lebensmittel, aber auch keine gesundheitlichen Vorteile. Der Einsatz von Gentechnik bei Lebensmitteln ist häufig in Vorteilen bei Produktionsverfahren oder in der Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen begründet. Aber ein Nachweis zum Beitrag der Gentechnik zu *Nachhaltigkeit* – etwa deutliche Verringerung des Bedarfs an Pestiziden – und *sozialer Gerechtigkeit* – etwa Verbesserung der Grundversorgung in Entwicklungsländern ohne neue Abhängigkeiten etwa durch Patente und Saatgutmonopole – stehen weiterhin aus. Entscheidend ist, dass sich die ethische Akzeptabilität von gentechnisch veränderten Lebensmitteln nicht nur auf gesundheitliche und ökologische Fragen beschränkt (Mahgoub, 2016). Hierfür ist die Stellung von Lebensmitteln in einer Lebensform zu zentral. Eine Kultur der redlichen Kennzeichnung ermöglicht es jedem, selbst den Konsum für sich zu regulieren. Die aufgeführte Praxis der Lebensmittelkennzeichnung im konventionellen Bereich lässt jedoch den Konsumenten oft ratlos zurück und lässt Zweifel aufkommen, ob dies im Umgang mit gentechnisch veränderten Lebensmitteln helfen würde. Die mit der gentechnischen Herstellung von Lebensmitteln verbundenen Risiken können unter Umständen in vergleichbarer Weise auch bei der konventionellen Lebensmittelherstellung gegeben sein. Was bei dieser als rechtfertigbar gilt, kann dann bei jener nicht als nicht zu rechtfertigen abgelehnt werden; umgekehrt kann, was bei der gentechnischen Herstellung von Lebensmitteln als zu riskant abgelehnt wird, Vergleichbarkeit vorausgesetzt, auch bei der herkömmlichen Lebensmittelherstellung nicht akzeptiert werden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

4.6 Transgene Tiere: Herausforderung an Tierschutz und Tierwohl

Nimmt man bei der Frage nach der Vertretbarkeit des zu verwendenden Mittels das Schmerzempfinden von höheren Tieren als mit dem des Menschen vergleichbar ernst, dann muss es als unethisch erscheinen, mithilfe von Gentechnik Tiere zu erzeugen, die aufgrund bestimmter Nutzeffekte für den Menschen durch ihre künstlich erzeugte Anatomie oder Physiologie *unnötige Schmerzen* empfinden. Auch Versuche in der Forschung mit transgenen Tieren erscheinen aus dieser pathozentrischen Perspektive als fraglich. Gleichwohl, halten viele, für die das Wohl der Tiere eine wichtige Bedeutung hat, dennoch die Schaffung genetisch veränderter Tiere für Tierversuche in der medizinischen Forschung für vertretbar, wenn als Alternative nur Menschen als Forschungsobjekte zur Verfügung stünden. Denn durch neue medizinische Methoden oder Medikamente menschliches Leben zu retten, ist gegenüber dem Staatsziel „Tierschutz" ein sehr hochrangiges und in den Grundrechten des Menschen verankertes Ziel, das nicht leichtfertig zur Disposition stehen kann. Bei jedem Versuch respektive jeder Versuchstiererzeugung ist zu überlegen, ob die Zwecksetzung des Versuchs wirklich so hochrangig ist und ob nicht alternative Methoden zur Verfügung stehen (Sturma/Lanzerath, 2016: 63–104).

Diese Problematik ist mit Einführung der Gentechnik nicht neuartig. Vielmehr sind Qualzuchten – die etwa das deutsche Tierschutzgesetz verbietet – gerade auch mit der traditionellen Tierzucht möglich und gleichermaßen nicht verantwortbar. Doch könnte aufgrund der Eingriffstiefe der Gentechnik, dieses Mittel problematische Zielsetzungen verstärken. Hier sind aber eher kritische Rückfragen an die traditionelle Nutztierzucht zu stellen. Oft entsprechen die Zucht- und Haltungsbedingungen nicht den artgemäßen Bedürfnissen und dem natürlichen Entfaltungsvermögen der entsprechenden Tiere. Das widerspricht nicht nur dem Tierwohl, sondern fügt auch dem Menschen und seiner je eigenen kulturell geformten Lebenswelt Schaden zu. Denn die menschliche Lebensform hat den Anspruch, Leben in einer Umwelt mit anderen Lebewesen zu realisieren in einer *Gemeinschaft von unterschiedlichen Lebensformen*. Wenn der Mensch als Subjekt der Moral nicht nur Verpflichtungen gegenüber sich selbst, sondern auch gegenüber anderen Lebewesen hat, dann ist nicht allein das Kriterium der Schmerzempfindung ausschlaggebend. Insbesondere wird man bei höher entwickelten Tieren diejenigen herausheben, die einen *komplexeren Grad an Bewusstsein* in der Evolution entwickelt haben und daher eine evolutionsbiologische und kulturelle Nähe zu uns Menschen einnehmen. So haben etwa Primaten Anlagen von Bewusstsein, die unserem nicht unähnlich sind. Daher müssen hier besondere Hürden gelten, wenn es um Tier-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

versuche geht. Die Anforderungen an eine biotechnisch geprägte Tierzucht, die dem Tierwohl entspricht, sind in diesem Kontext nicht anders zu bewerten, als dies bei der konventionellen Zucht und Haltung von Tieren der Fall ist.

Die europäische Kommission hat bereits im Rahmen der Debatte um die Direktive 86/609/EEC „zum Schutz der für Versuche und andere wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tieren" aus dem Jahr 1986 sehr deutlich das Ziel angegeben, *Tierversuche* in Europa erheblich reduzieren zu wollen. Mittlerweile sind auch viele Forschungsmittel in die Erforschung zu alternativen Methoden zu Tierversuchen geflossen. In der Forschungspraxis hat sich jedoch das genaue Gegenteil von Reduktion eingestellt. Die Zahl der verwendeten Tiere sank zwar bis 1999 um etwa 30 %, stieg seitdem aber wieder erheblich an. Alleine bei Versuchen mit gentechnisch veränderten Tieren hat sich etwa in Deutschland die Zahl zwischen 2004 und 2013 nahezu verdreifacht auf fast 950 000 Tiere im Jahr (Sturma/Lanzerath, 2016: 37–57).

Gerade die immer umfänglichere Herstellung transgener Versuchstiere führt nicht nur zu einer steigenden Zahl von Tierversuchen, sondern auch zu viel Leid und Schmerz bei Tieren. Transgene Tiere, bei denen Gene ein- oder ausgeschaltet wurden, spielen eine immer größere Rolle in der biomedizinischen Forschung von der Medikamentenentwicklung bis zur Xeno–Transplantation. Neben der medizinischen Forschung kommen aber auch immer mehr gentechnisch veränderte Nutztiere in der landwirtschaftlichen Forschung vor, um etwa eine andere Zusammensetzung der Milch oder mehr Muskelmasse zu erreichen.

Aktuell ist zu erwarten, dass Genome-Editing-Verfahren bei immer mehr Tieren eingesetzt werden, weil es sich als einfacher, kostengünstiger und präziser als andere Verfahren erwiesen hat (Nuffield Council on Bioethics, 2016). Gerade durch die Patentierung von gentechnisch veränderten Tieren hat sich die Herstellung von transgenen Tieren, die krankheitsverursachende Mutationen tragen, unter denen sie auch selbst leiden, inzwischen zum *Geschäftsmodell* entwickelt, das keineswegs das Tierwohl fördert (Twine, 2015: 95–113).

Sicherlich wird man unter den Bedingungen der aktuellen biomedizinischen Forschung trotz vieler Erfolge bei den alternativen Modellen zu Tierversuchen (Zellkulturen, Computersimulationen etc.) auf Experimente mit Tieren zum Wohl von Patienten nicht verzichten können (Sturma/Lanzerath, 2016: 63–104). Dennoch stehen der Nutzen dieser hohen Zahl von Tierversuchen und die derzeitigen ökonomischen Rahmenbedingungen, wie sie etwa durch die Patentierung und die Interessen der Industrie hervorgerufen werden, durchaus infrage (Twine, 2015: 101–113).

Es wird verstärkt Bemühungen geben müssen, zukünftig die anerkannten tierethischen Prinzipien 3R (Replacement, Reduction and Refinement; Nuffield Council on Bio-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ethics, 2016: 185–216; Buck, 2007; Brønstad/Berg, 2011) konsequenter anzuwenden, um im Einzelfall zu entscheiden, ob bestimmte Gründe für einen Tierversuch ethisch zu überzeugen vermögen oder nicht. Es kann von Forschenden verlangt werden, genau zu begründen, wie sie die Anforderungen der 3Rs erfüllen wollen.

4.7 Gentherapien

Bei aller Skepsis gegenüber gentechnischen Verfahren sind therapeutische Zielsetzungen bislang positiv in der Gesellschaft aufgenommen worden aufgrund der *hochrangigen Zielsetzung*, Krankheiten zukünftig gentherapeutisch heilen zu können. Zudem sind es *gerechtigkeitsethische* Aspekte, die hier eine gewichtige Rolle spielen, weil sich die Anwendungen derartiger Verfahren in der therapeutischen Forschung vornehmlich auf Krankheiten beziehen, für deren Behandlung keine oder keine adäquaten Standardtherapien bereitstehen. Ausschlaggebend für die ethische Rechtfertigung sind in erster Linie die Frage der Überschaubarkeit und Vertretbarkeit ihrer Nebenwirkungen und die Legitimität der mit ihnen verfolgten Ziele. Dabei kommt jedoch dem Argument vom drohenden Dammbruch (Slippery Slope) eine wichtige heuristische Funktion zu. Wenn nämlich eine solche medizinische Technik zukünftig sicher zur Verfügung stehen sollte, ist nicht auszuschließen, dass sie auch zu Zwecken eingesetzt wird, die ethisch umstritten sind, wie etwa zu Formen des Enhancements (Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit, der Gedächtnisleistung etc.). Wenn gentherapeutische Verfahren gelingen, wird man daher nicht umhin kommen neben der Regulation des Mittels darüber nachzudenken, ob sie auch für andere als therapeutische Zwecke angewandt werden sollen und welche gesellschaftlichen Folgen das mit sich zieht (Fuchs et al., 2002; The President's Council on Bioethics, 2003; Agar, 2014; Black, 2014).

Ein zentraler Aspekt der ethischen Diskussion bei gentherapeutischen Anwendungen bezieht sich auf die Grenze von Erkenntnisgewinn und Therapie. Auch dann, wenn es sich in der derzeitigen Forschungsphase weniger um Humanexperimente als um Heilversuche an individuellen Patienten handelt, lassen sich Konflikte zwischen dem Streben nach Erkenntnisgewinn einerseits und der Pflicht zur therapeutischen Hilfe andererseits nicht grundsätzlich ausräumen. Denn dem Versuch darf nicht der Vorzug gegeben werden vor einer wirksamen Standardtherapie, wenn das Ergebnis des Versuchs keine bessere Prognose hat. Gleichwohl sind derartige Überlegungen immer schwierig, weil ein ernsthafter Vergleich der Risiken und des Nutzens erst dann möglich wird, wenn man die entsprechenden Erfahrungen gesammelt hat. Bei Erkrankungen, für die auch die existierende Standardtherapie nur begrenzte Erfolgschancen

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

bietet, ist eine Abwägungen gegenüber neuen, auch risikohaften Verfahren stets medizinisch und ethisch schwierig (Fuchs, 2013: 85–100).

Für mediale Aufmerksamkeit sorgte zuletzt eine Studie zur Behandlung des Wiskott-Aldrich-Syndroms (WAS), die an der medizinischen Hochschule Hannover und der Kinderklinik der Universität München durchgeführt wurde. In den Jahren 2006 bis 2008 wurden mithilfe einer Gentherapie insgesamt neun Kinder behandelt, die an dem seltenen und schweren Immundefekt litten. Die Therapie schien zunächst erfolgreich zu verlaufen, wurde dann jedoch abgebrochen, als es nach mehr als zwei Jahren zu ersten Leukämiefällen kam, die vermutlich durch den verwendeten viralen Vektor ausgelöst wurden. Einige Kinder verstarben, andere überlebten die Leukämie dank einer späteren Stammzelltransplantation. Der Fall löste eine kontroverse Diskussion um die Anwendung neuer Therapieansätze und ihrer adäquaten Risiko-Nutzen-Abwägung gegenüber anderen Therapiemodellen aus (Schnabel/Schweitzer, 2016; Klein, 2016).

Trotz solcher Rückschläge häufen sich in den letzten Jahren vermehrt auch Erfolge in der nicht klinischen Gentherapieforschung.[5] Ein Ansatz, der intensiv verfolgt wird, ist die Veränderung körpereigener Immunzellen, damit diese künstliche Rezeptoren an ihren Zelloberflächen tragen (CAR-T-Zellen), die spezifisch Krebszellen erkennen und angreifen. Erfolgsversprechende Versuche mit CRISPR/Cas9 an Zellkulturen und Tiermodellen lassen zudem auf Immunisierung etwa gegen schwere Infektion wie mit HIV hoffen, gleichwohl sich hier auch jetzt schon Nachteile hinsichtlich der Anfälligkeit für andere Infekte gezeigt haben (Cyranoski, 2016; Yin et al., 2017).

Bei der ethischen Beurteilung des Gentransfers in die *Keimbahn* ist man aufgrund der engen Verschränkung zwischen Person und genetischer Ausstattung gegenüber der somatischen Gentherapie über die Probleme der Zielsetzungen und Risiken der Nebenfolgen hinaus noch mit grundsätzlich anderen ethischen Fragen konfrontiert. Diese Debatte ist in jüngster Zeit wieder neu aufgeflammt, da man Genome-Editing-Verfahren für präziser und sicherer hält. Während der somatische Eingriff nur die behandelten Individuen betrifft, wirkt der einzelne Eingriff in die Keimbahn auch auf weitere Generationen. Diese Maßnahmen sind weder durch den am Individuum orientierten Krankheitsbegriff – denn sie zielen über das Individuum hinaus auf das Kollektiv – noch durch die aufgeklärte Zustimmung des Betroffenen gerechtfertigt. Da eine Keimbahnintervention das gesamte Genom des Individuums und nicht nur einzelne Organe betrifft, sind die medizinischen Risiken und die ethischen Erwägungen sehr viel grundsätzlicherer Natur.

5 Näheres zur Gentherapie in dem Beitrag von Fehse et al. (Kap. 8).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Jürgen Habermas etwa kritisiert, dass diese Form der Gentechnik die besondere Gefahr der Selbstprogrammierung des menschlichen Gattungsgenoms berge und wir die Selbstverständlichkeit verlieren, mit der wir als Leib existieren. Dies führe zu asymmetrischen Beziehungen zwischen Personen: die einen als Programmierer, die anderen als Programmierte. Die verfügbare, entseelte Natur gehört zum Bild der Moderne genauso wie der Mensch mit seiner instrumentellen Vernunft. Die Biotechnik entdifferenziert die lebensweltlich noch trennscharfen Kategorien des Hergestellten und des von Natur Gewordenen. Es ist dies die Differenz zwischen der technischen Materialverarbeitung einerseits und der kultivierenden oder therapeutischen Gestaltung der lebendigen Natur andererseits. Manipulation von außen gefährdet das Selbstseinkönnen der Person. Unter Rekurs auf Hannah Arendts Konzept der „Natalität", mit dem sie eine Brücke schlägt zwischen kreatürlichem Beginn menschlichen Lebens hin zum erwachsenen selbstbewussten Subjekt, beschreibt er, dass die eigene Freiheit „mit Bezug auf etwas natürlich Unverfügbares erlebt" wird (Habermas, 2001: 100–101).

Ob eine Restriktion auf Heilungsziele dieses sehr grundsätzliche Argument – nicht nur aufgrund der argumentativen Dammbruchgefahr – einschränkt, ist indes umstritten. Müsste ein solcher Eingriff nicht parallel zur somatischen Gentherapie in Form einer Keimbahntherapie auch ärztlicherseits als legitim betrachtet werden, besonders dann, wenn er das einzige Mittel ist, schwere Krankheiten dauerhaft zu beheben? Sind nicht Eltern, die Träger solcher Krankheiten sind, verpflichtet, den Eingriff im Blick auf das Wohl ihrer Nachkommen vornehmen zu lassen? Es bleiben auf jeden Fall die Risiken und die Notwendigkeit einer verbrauchenden Embryonenforschung, um die Möglichkeiten einer Keimbahntherapie wissenschaftlich zu untersuchen. Wenn man bereits den frühen Embryo als eine potenzielle Person anerkennt und ihn mit Schutzrechten ausstattet, wie es das Embryonenschutzgesetz tut, dann sind solche Experimente mit Embryonen ethisch nicht vertretbar. Gleichwohl wird dieses Argument nicht von jedermann anerkannt. Darüber hinaus ist es höchst zweifelhaft, ob eine medizinische Forschungsethikkommission einem Humanexperiment zur Keimbahntherapie zustimmen könnte, auch unabhängig von den Schutzbestimmungen im gegenwärtigen Embryonenschutzgesetz, wenn es um den Probandenschutz geht. Denn auch die Risiken für das spätere Stadium des menschlichen Lebens sind nur schwer abschätzbar. In vielen Ländern ist die Keimbahnintervention verboten, so sieht es auch der Artikel 13 im Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin des Europarats vor (Europarat, 1997).

In der Tradition des Asilomar-Moratoriums (1975) aus dem Kreis der Wissenschaftler nun ein Moratorium für vererbbare Veränderungen des menschlichen Genoms und der Keimbahn auf Basis der CRISPR/Cas-Technologien zu fordern, ist in den Wissenschaf-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ten umstritten. Weniger umstritten ist das Unterstützen von Grundlagenforschung im Bereich des Genome-Editings, die künftige Generationen nicht beeinträchtigt (Adashi/Cohen, 2015; Hawkes, 2015). Im Februar 2016 erhielten britische Wissenschaftler von den Aufsichtsbehörden die Erlaubnis, menschliche Embryonen mithilfe von CRISPR/Cas9 und verwandten Techniken genetisch zu modifizieren, unter der Bedingung, dass die Embryonen in sieben Tagen zerstört werden (Callaway, 2016). ARRIGE, eine internationale Gruppe, die die Ethikkommission am französischen Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) ins Leben gerufen hat, fordert 2017 eine vorsichtige schrittweise Beobachtung der einzelnen Anwendungsfelder. Insbesondere wird empfohlen, Machbarkeitsstudien zu fördern, die die Wirksamkeit und Sicherheit von Genome-Editing-Techniken bewerten (etwa zum Nutzen-Schaden-Verhältnis bei möglichen klinischen Anwendungen). Gleichzeitig wird aber auch darauf hingewiesen, dass man bei neuen Erkenntnissen das Verbot aller Keimbahnmodifikationen in der klinischen Anwendung neu bewerten sollte. Doch besonders relevant ist die Empfehlung, dass die Wissenschaft dafür Sorge tragen soll, die Erwartungen der Öffentlichkeit mit übertriebenen Versprechungen nicht in die Irre zu führen (Chneiweiss et al., 2017).

Aus heutiger Sicht scheint daher ein therapeutischer oder präventiver Eingriff in die Keimbahn unter Gesichtspunkten der ethischen Rechtfertigbarkeit immer noch als fragwürdig, selbst dann, wenn man *kategorische* Ablehnungen von Keimbahneingriffen als menschenwürdewidrig und autonomiegefährdend nicht teilt und nur *pragmatische* Aspekte der Sicherheit ins Feld führt (Bayertz et al., 1997: 116-118; Lanzerath, 2000: 257). Denn der Eingriff selbst ist derzeit mit Risiken und Nebenwirkungen verbunden, die ihn bislang ethisch völlig inakzeptabel machen. Die Methode greift tief in genetische Regulationsmechanismen ein, die zum größten Teil naturwissenschaftlich noch völlig unverstanden sind. Das Risiko, andere genetische Anlagen zu verändern als die intendierten, ist zurzeit groß. Ferner setzt die Entwicklung einer solchen Form von Therapie Forschung voraus, die die bislang geltenden Grenzen des ethisch Akzeptablen sprengt. Schließlich stellen sich sozialethische Fragen hinsichtlich Tendenzen einer positiven Eugenik und – ähnlich wie bei Präimplantations- und Präfertilisationsdiagnostik – einer zu befürchtenden Diskriminierungen von Behinderten und ihrer Eltern (Lanzerath, 2000: 183–189).[6]

6 Zum Genome-Editing der menschlichen Keimbahn aus der Perspektive von Menschen mit Behinderung siehe den Beitrag von Graumann (Spotlight 2).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

4.8 Schlussbemerkung

Nicht nur Technik und wissenschaftliche Anwendungen, sondern auch die Prozesse und Ergebnisse der *normativen Technikbewertung* sind ständigem *Wandel* unterworfen. Zurzeit können gute Gründe angeführt werden, mit Blick auf das hochrangige *Gut Gesundheit* unter Abwägung aller Risiken und Handlungsalternativen den Einsatz von gentechnischen Methoden in vielen Feldern zu befürworten. Gerade die Entwicklung von tierischen *Krankheitsmodellen* für die therapeutische Forschung wird aufgrund der Zielsetzung von vielen als rechtfertigbar angesehen. Kritisch ist jedoch die Steigerung der *Versuchstierzahlen* an dieser Stelle zu sehen. Statt weiterhin an einer Reduktion der Zahl der in Anspruch genommenen Versuchstiere zu arbeiten, ist in den letzten Jahren das Gegenteil geschehen, was insbesondere auf die technisch einfacheren und wirtschaftlich günstigeren neuen Genome-Editing-Verfahren zurückzuführen ist. Ansätze gentherapeutischer Behandlungen von Infektions- oder Krebserkrankungen lassen auf neue Pfade bei den klinischen Therapien hoffen. Diese werden auch weiterhin im Rahmen der somatischen Anwendungen auf überwiegend positive ethische Resonanz stoßen, insofern sich die Akteure an die forschungsethischen Standards halten.

Im Blick auf die *Lebensmittelproduktion* wird aus anthropologisch-ethischer Perspektive gefragt werden müssen, ob gentechnisch veränderte Lebensmittel dauerhaft nicht tiefer unsere Kultur verändern, als es derzeit abschätzbar ist, wenn durch diese Verfahren traditionelle Wege in hohem Maße verlassen werden. Es schließt sich die Frage an, ob unsere Gesellschaft für diese Veränderung dauerhaft bereit ist. So wie wir den „Einheitsbaum“ und die „Einheitskuh“ in ökologischen Zusammenhängen nicht akzeptieren können, gilt dies *ästhetisch* wie *ethisch* für Veränderungen von Lebensmitteln vergleichsweise auch, wenn eine Einschränkung der Vielfalt die Folge der Gentechnik wäre. Monokulturen auf dem Feld führen letztlich zu Monokulturen in der Küche. Während in der frühen Debatte um den Einsatz der Gentechnik bei Pflanzen und Tieren die Risikodebatte[7] die ethische Diskussion dominierte, spitzt sie sich nun eher auf die Frage zu, ob die Gentechnik Entscheidendes zu einer *nachhaltigen Landwirtschaft* beiträgt oder genau das Gegenteil erreicht.

Der Vergleich der gentechnisch veränderten mit den konventionell hergestellten Lebensmitteln macht einmal mehr deutlich, welche erheblichen ethischen Probleme mit der modernen Landwirtschaft insgesamt unabhängig von Gentechnik verbunden sind – Probleme ökologisch-ethischer, tierethischer, wirtschaftsethischer, sozialethischer und kulturethischer Art. Jeder Lösungsansatz stößt hier alsbald auf die grundsätzlichere Frage, nach welchen Kriterien der Mensch sich beim Umgang mit der Natur

7 Siehe hierzu auch die Beiträge von Renn (Kap. 6) und Hampel (Spotlight 4).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

– der eigenen und der ihn umgebenden Natur – denn überhaupt richten soll. Die Frage, in welcher Natur wir leben wollen und wo wir die Grenzen ihrer Manipulierbarkeit durch uns selbst setzen wollen, bedarf nicht nur eines Gesprächs der Ethik mit den Naturwissenschaften, sondern auch eines öffentlichen Diskurses, um dessen geeignete Formen immer noch gerungen wird. Die Erweiterung der menschlichen Handlungsmöglichkeiten durch neue in die Natur eingreifende Technologien kann nur dann human bleiben, wenn die Gesellschaften die Kraft aufbringen, ihr die richtigen Grenzen zu setzen, ohne deren Chancen zu mindern.

Für die moderne Gentechnik wird gerade das *Tier-Mensch-Verhältnis* auf eine moralische Probe gestellt. Je mehr der Mensch Tiere eher als hilfreiche Maschinen (Krankheitsmodelle, Versuchsobjekte, Bioreaktoren etc.), denn als Mitgeschöpfe betrachtet, umso mehr ist der Einsatz von biotechnischen Methoden an Tieren als Testfall für unser ethisches Verhältnis zu Tieren zu betrachten. Dieses Verhältnis sagt etwas über unsere Humanität aus und wirft die Frage auf, ob wir bestimmten Tieren gegenüber nicht auch eine tierische Integrität anerkennen müssen, indem wir Tiere nicht auf ein pures Mittel wie eine Maschine reduzieren, sondern sie als Mitgeschöpfe – auch im säkularen Sinne des Wortes – ernst nehmen sollten. Eine solche Betrachtung beschränkt sich nicht auf wirtschaftsethische Belange oder auf Umwelt- und Gesundheitsrisiken, sondern reflektiert sehr grundsätzlich das Verhältnis zwischen Mensch, Natur und Tier.

Die Technisierung durch Gen- und Biotechnik kann als Fortsetzung langer Züchtungstraditionen gelten, mag aber auch ein weiterer Schritt der *Entfremdung* zu Natur und Tier sein. Es scheint jedoch gegenüber der konventionellen Zucht und Haltung eher ein quantitativer als ein qualitativer Unterschied zu bestehen. Der ethische Blick auf den Umgang mit biotechnisch veränderten Tieren in Medizin und Landwirtschaft gibt Anlass, vermehrt über Zuträglichkeit, Entfremdung und Artifizialität auch im konventionellen Umgang mit Tieren und Pflanzen in diesen Bereichen noch einmal neu nachzudenken. Gerade die großen Herausforderungen der Moderne im Bereich Klimaschutz, Ernährungsgrundlage, Gesundheitsschutz und ökonomische Balancen verlangen ein sensibles Umgehen damit, ob bestimmte Formen der Naturalisierung aufgrund unseres eigenen Naturseins nicht förderlicher sind und ob nicht einiges an Artifizialität den Bogen aktuell überspannt hat. Verfahren, die Lebensmittelqualität und Tierwohl gleichermaßen befördern, werden zunehmend für moderne Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion gefordert. Die hier relevanten gen- und biotechnischen Verfahren werden sich aus ethischer Perspektive daran messen lassen müssen, wie hoch ihr Beitrag dazu sein kann.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

4.9 Literatur

Adashi, E.Y./Cohen, I.G. (2015): Editing the genome of the human germline: may cool heads prevail. In: The American Journal of Bioethics 15(12): 40–42. DOI: 10.1080/15265161.2015.1103805.

Agar, N. (2014): There is a legitimate place for human genetic enhancement. In: Caplan, A. L./Arp, R. (Hrsg.): Contemporary debates in bioethics (Contemporary debates in philosophy 13). Wiley, Chichester: 343–352.

Ahteensuu, M. (2008): The precautionary principle and the risks of modern agri-biotechnology. In: Launis, V./Räikkä, J. (Hrsg.): Genetic democracy. Philosophical perspectives. Springer, Dordrecht: 75–92.

Ammann, K. et al. (Hrsg.) (1999): Methods for risk assessment of transgenic plants 3. Birkhäuser, Basel.

Andorno, R. (2004): The precautionary principle: A New legal standard for a technological age. Journal of International Biotechnology Law 1: 11–19.

Baldwin, G. et al. (Hrsg.) (2012): synthetic biology. A primer. Imperial College Press, London.

Bayertz, K., Runtenberg, C. (1997): Gen und Ethik. Zur Struktur des moralischen Diskurses über die Gentechnologie In: Elstner, M. (Hrsg.): Gentechnik, Ethik und Gesellschaft. Springer, Berlin: 107–121.

Black, E. (2014): There is no legitimate place for human genetic enhancement. The slippery slope to genocide. In: Caplan, A. L./Arp, R. (Hrsg.): Contemporary debates in bioethics (Contemporary debates in philosophy 13). Wiley, Chichester: 353–362.

Brønstad, A./Berg, A.-G. T. (2011): The role of organizational culture in compliance with the principles of the 3Rs. In: Lab animal 40: 22–26. DOI: 10.1038/laban0111-22.

Buck, V. (2007): Who will start the 3Rs ball rolling for animal welfare? In: Nature 446 (7138): 856.

Bütschi, D. et al. (2009): Genetically modified plants and foods. Challenges and future issues in Europe. Final report. EPTA, Berlin.

Callaway, E. (2016): UK scientists gain licence to edit genes in human embryos. In: Nature 530(7588): 18. DOI: 10.1038/nature.2016.19270.

Chneiweiss, H. et al. (2017): Fostering responsible research with genome editing technologies: a European perspective. In: Transgenic Research 26(5): 709–713. DOI: 10.1007/s11248-017-0028-z.

Cottrell, S. et al. (2014): Resuscitation and resurrection. The ethics of cloning cheetahs, mammoths, and Neanderthals. In: Life Sciences, Society and Policy 10(3).

Cyranoski, D. (2016): CRISPR gene-editing tested in a person for the first time. The move by Chinese scientists could spark a biomedical duel between China and the United States. In: Nature 539: 479.

Deblonde, M. (2010): Responsible agro-food biotechnology. Precaution as public reflexivity and ongoing engagement in the service of sustainable development. In: Gottwald, F.-T. et al. (Hrsg.): Food ethics. Springer, New York: 67–85.

Dworkin, R. (1994): Die Grenzen des Lebens. Abtreibung, Euthanasie und persönliche Freiheit. Rowohlt, Reinbeck.

Europarat (1997): Erläuternder Bericht zu dem Übereinkommen über Menschenrechte und der Menschenwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin. DIR/JUR 97(5). Unter:

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://www.coe.int/t/dg3/healthbioethic/texts_and_documents/DIRJUR(97)5_German.pdf [29.05.2018].

Falkner, R. (Hrsg.) (2007): The international politics of genetically modified food. Diplomacy, trade and law. Palgrave Macmillan, Basingstoke.

Fuchs, M. et al. (2002): Enhancement. Die ethische Diskussion über biomedizinische Verbesserung des Menschen (drze-Sachstandsberichte 1), Selbstverlag, Bonn.

Fuchs, M. (2013): Ethische Aspekte. In: Sturma, D. et al. (Hrsg): Gentherapie. Medizinisch-naturwissenschaftliche, rechtliche und ethische Aspekte. Ethik in den Biowissenschaften. Sachstandsberichte des DRZE 15: 77–127.

Habermas, Jürgen (2001): Die Zukunft der menschlichen Natur: Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik? Suhrkamp, Frankfurt a. M.

Harremoës, P. et al. (Hrsg.) (2002): The precautionary principle in the 20th century. Late lessons from early warnings. Earthscan, London.

Hawkes, N. (2015): UK scientists reject call for moratorium on gene editing. In: BMJ 350. DOI: 10.1136/bmj.h2601.

Höffe, O. (1993): Moral als Preis der Moderne. Suhrkamp, Frankfurt.

Honnefelder, L. (2011): Welche Natur sollen wir schützen? Berlin University Press, Berlin.

Honnefelder, L. et al. (1999): Klonen von Tieren. Kriterien einer ethischen Urteilsbildung. In: Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik 4. De Gruyter, Berlin.

Jonas, H. (1979): Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Suhrkamp, Frankfurt a. M.

Kabasenche, W. P. et al. (Hrsg.) (2012): The environment. Philosophy, science, and ethics. The MIT Press, Cambridge.

Karafyllis, Nicole C. (Hrsg.): Biofakte. Versuch über den Menschen zwischen Artefakt und Lebewesen. Mentis, Paderborn 2003.

Kertscher, J./Müller, J. (Hrsg.) (2017): Praxis und ‚zweite Natur'. Begründungsfiguren normativer Wirklichkeit in der Diskussion. Mentis, Paderborn.

Kjellsson, G. et al. (Hrsg.) (1997): Methods for risk assessment of transgenic plants 2. Birkhäuser, Basel.

Klein, C. (2016): Darstellung der WAS-Gentherapie 2004–2014. Unter: http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Kinderklinik-und-Kinderpoliklinik-im-Dr-von-Haunerschen-Kinderspital/download/inhalt/aktuelles/Darstellung_WAS_V4_0.pdf [29.05.2018].

Kosicki, M. et al. (2018): Repair of double-strand breaks induced by CRISPR–Cas9 leads to large deletions and complex rearrangements. In: Nature Biotechnology 36: 765–771. Unter: http://www.nature.com/articles/nbt.4192 [11.08.2018].

Lanzerath, D. (1998): Natürlichkeit der Person und mechanistisches Weltbild. In: Dreyer, M./Fleischhauer, K. (Hrsg.): Natur und Person im ethischen Disput. Alber, Freiburg im Breisgau: 181–204.

Lanzerath, D. (2000): Krankheit und ärztliches Handeln. Zur Funktion des Krankheitsbegriffs in der medizinischen Ethik. Alber, Freiburg im Breisgau.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Lanzerath, D. (2014): Biodiversity as an ethical concept. In: Lanzerath, D./Friele, M. (Hrsg.): Concepts and values in biodiversity. Routledge Biodiversity Politics and Management Series. Routledge, Abingdon & New York: 1–19.
Lanzerath, D. (2015): Synthetische Biologie. In: Sturma, D./Heinrichs, B. (Hrsg.): Handbuch Bioethik. Springer, Stuttgart: 406–413.

Mahgoub, S.E.O. (2016): Genetically modified foods: basics, applications, and controversy. CRC Press, Boca Raton.
McDowell, J. (1996): Mind and world. Harvard University Press, Cambridge.
Mepham, B. (2008): Risk, precaution and trust. In: Mepham, B. (Hrsg.): Bioethics. An introduction for the biosciences. 2nd edition. Oxford University Press, Oxford: 327–349.
Merlot, J. (2018): Der programmierte Tod. Spiegel Online vom 31.03.2018. Unter: http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/malaria-muecken-gene-drive-methode-der-programmierte-tod-a-1178071.html [28.05.2018].
Mittelstraß, J. (2003): The concept of nature. Historical and epistemological aspects. In: Ehlers, E./Gethmann, C. F. (Hrsg.): Environment across cultures. Springer, Berlin: 29–35.
Munthe, C. (2011): The price of precaution and the ethics of risk. The international library of ethics, law and technology 6. Springer, Dordrecht.

NASEM (2016) = National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: Gene drives on the horizon. Advancing science, navigating uncertainty, and aligning research with public values. The National Academies Press, Washington D.C.: 177. DOI: 10.17226/23405.
Niemann, H./Wrenzycki, C. (Hrsg.) (2018): Animal biotechnology. Springer, New York.
Nuffield Council on Bioethics (2016): Genome editing. An ethical review. Nuffield Council, London.
Nussbaum, M. C. (1999): Gerechtigkeit oder das Gute Leben. Suhrkamp, Frankfurt.

Ormandy, E. H. et al. (2011): Genetic engineering of animals. Ethical issues, including welfare concerns. In: Canadian Veterinary Journal 52(5): 544–550.
Ott, K. et al. (Hrsg.) (2016): Handbuch Umweltethik. Metzler, Stuttgart.

Pinsdorf, C. (2016): Lebensformen und Anerkennungsverhältnisse. Zur Ethik der belebten Natur. Studien zu Wissenschaft und Ethik, Band 7. De Gruyter, Berlin.

Regan, T. (2004): The case for animal rights. University of California Press, Berkley.
Rippe, K.-P. (2001): Vorsorge als umweltethisches Leitprinzip. Bericht der Eidgenössischen Ethikkommission für die Gentechnik im ausserhumanen Bereich. Unter: http://www.ph-karlsruhe.de/uploads/media/Vorsorgeprinzip.pdf [29.05.2018].

Schäfer, L. (1993): Das Bacon-Projekt. Von der Erkenntnis, Nutzung und Schonung der Natur. Suhrkamp, Frankfurt.
Schmidt, M. (Hrsg.) (2012): Synthetic biology. Industrial and environmental applications. Wiley-Blackwell, Weinheim.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Schnabel, U./Schweitzer, J. (2016): Hat dieser Arzt … alles versucht? … zu viel gewollt? In: Die Zeit 23. 25.05.2016. Unter: https://www.zeit.de/2016/23/krebs-gentherapie-kinderonkologe-christoph-klein-vorwuerfe [29.05.2018].

Siep, L. (2004): Konkrete Ethik. Grundlagen der Natur- und Kulturethik. Suhrkamp, Frankfurt.

Sturma, D. (2013): Naturethik und Biodiversität. In: Sturma D./Honnefelder L. (Hrsg): Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik. Band 17. De Gruyter, Berlin: 141–155.

Sturma, D./Lanzerath, D. (Hrsg.) (2016): Tiere in der Forschung. Naturwissenschaftliche, rechtliche und ethische Aspekte. Alber, Freiburg im Breisgau & München.

Tambornino, L. (2013): Schmerz Über die Beziehung physischer und mentaler Zustände (Studien zu Wissenschaft und Ethik). De Gruyter, Berlin.

Telugu, B. P. et al. (2016): Genome editing to the rescue. Sustainably feeding 10 billion global human population. In: National Institutes of Bioscience Journal 1: 8–10. DOI: 10.2218/natlinstbiosci.1.2016.1743.

The President's Council on Bioethics (2003): Beyond therapy: Biotechnology and the pursuit of happiness. A report by the President's Council on Bioethics. Washington, DC.

Thompson, P. B. (2007): Food biotechnology in ethical perspective. In: Eckinger, J. (Hrsg.): The international library of environmental, agricultural and food ethics. Springer, Dordrecht: 195–220.

Twine, R. (2015): Animals as biotechnology. Ethics, sustainability and critical animal studies. Earthscan, Abingdon.

Übereinkommen zum Schutz der Menschenrechte und der Menschenwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin: Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin Oviedo, 1997.

van den Daele, W. (2007): Legal framework and political strategy in dealing with the risks of new technology. The two faces of the precautionary principle. In: Somsen, H. (Hrsg.): The regulatory challenge of biotechnology. Human genetics, food and patents. Edward Elgar, Cheltenham: 118–138.

Weirich, P. (Hrsg.) (2007): Labeling genetically modified food. The philosophical and legal debate. Oxford Univ. Press, Oxford.

West, C. (2006): Economic and ethics in the genetic engineering of animals. In: Harvard Journal of Law Technology 19: 413–442.

Wohlers, A. E. (2010): Regulating genetically modified food. Policy trajectories, political culture, and risk perceptions in the U.S., Canada, and EU. In: The journal of the Association for Politics and the Life Sciences 29(2): 17–39.

Yin, C. et al. (2017): In vivo excision of HIV-1 provirus by saCas9 and multiplex single-guide RNAs in animal models. In: Molecular Therapy 25(5): 1168–1186. DOI: 10.1016/j.ymthe.2017.03.012.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Jochen Taupitz

5. Regulierung der Gentechnologie: Wie, wann, wie viel?

5.1 Einleitung

Rechtliche Regulierung wird von den Normunterworfenen in Wissenschaft und Wirtschaft zumeist als Einschränkung von Freiheit empfunden. Das gilt auch für die rechtliche Regulierung der Gentechnologie. Man fordert Freiheit vom Recht – im gleichen Atemzug zumeist aber auch Schutz und Fürsorge im Recht. Flexibilität und Offenheit einerseits sowie Rechtsklarheit und Rechtssicherheit andererseits werden damit zu konfligierenden Anforderungen an gute Gesetzgebung.

Besondere Herausforderungen entstehen gerade im Bereich der Gentechnologie zudem durch die Fortentwicklungen von Wissenschaft und Technik; sie entstehen oft sprunghaft, manchmal sogar revolutionär – mit zum Teil „grundlegende[n] Auswirkungen auf das menschliche Selbstverständnis".[1] Nicht selten wird dem Recht (wie auch der Ethik bzw. dem ethischen Diskurs) vorgeworfen, der sich in dieser Weise verändernden Realität hoffnungslos hinterherzuhinken – mit der Folge, dass nur noch nachvollzogen oder gar abgesegnet werde, was ohnehin schon geschehen sei. Die Chance für eine verantwortliche Gestaltung der Zukunft werde damit vertan. Zugleich lautet der Vorwurf nicht selten, das Recht sei völlig veraltet und werde den Anforderungen der Zeit nur unzureichend gerecht. „Das ist, als wollte man mit einem von Neandertalern geschriebenen Regelwerk den Straßenverkehr Berlins lenken – jedenfalls gemessen an den Quantensprüngen, die in dieser Zeit in der Zell- und Entwicklungsbiologie stattgefunden haben" (Karberg, 2017) – so ein vernichtendes Urteil über das deutsche Embryonenschutzgesetz, das in der Tat mittlerweile fast dreißig Jahre alt ist und von verschiedenen Seiten seit Langem als reformbedürftig angesehen wird.[2]

---

1 Deutscher Ethikrat, 2017: 4 (zu Keimbahneingriffen durch neue gentechnologische Verfahren wie CRISPR/Cas9).

2 Siehe jüngst: Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, 2017.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Doch von welchen Faktoren hängt „gute“ Gesetzgebung eigentlich ab? Dieser Frage soll im Folgenden nachgegangen werden, wobei „die“ Gentechnologie (genauer: der Komplex der ganz unterschiedlichen Gentechnologien mit ihren jeweils eigenen Techniken und Anwendungsgebieten bei Pflanzen, Tieren und Menschen) nur ein Beispiel für andere Biotechnologien und ihre Anwendung in der Praxis darstellt.

5.2 Kernthese: Es gibt nicht das (allein) richtige Maß an rechtlicher Regulierung der Gentechnologie

Es lässt sich eine ganze Reihe von Gründen dafür anführen, dass es nicht „das (allein) richtige Maß“ an rechtlicher Regulierung der Gentechnologie gibt:

5.2.1 Vielfalt rechtlicher Instrumente

Rechtliche Regulierung kann über eine *Vielfalt rechtlicher Instrumente* mit zahlreichen Wechselwirkungen und Abhängigkeiten erfolgen.

- Das betrifft schon den Normautor; zu nennen sind insbesondere internationale Organisationen/Nationalstaaten – hoheitlich agierende Selbstverwaltungseinrichtungen (z. B. Ärztekammern) – privatrechtliche Einrichtungen (z. B. Vereine, Verbände) – die handelnden Akteure selbst.
- Der Verbindlichkeitsgrad kann unterschiedlich hoch sein. Neben zwingendem Recht existiert abdingbares Recht, gibt es Sollvorschriften oder bloße Empfehlungen.
- Von der Regelungsdichte her lassen sich Generalklauseln von Detailregelungen unterscheiden.
- Die Gesetzeskonzeption kann breite Themen erfassende Gesetze oder mehrere Spezialgesetze beinhalten.
- Die Reaktion auf Normverstöße kann unterschiedlich sein. Einerseits kann versucht werden, unerwünschtes Verhalten durch förmliche Sanktionen zu verhindern; dazu gehören zum Beispiel Pönalstrafe/Disziplinarmaßnahme/Schadensersatz/Vertragsstrafe. Daneben kann auf Anreize für erwünschtes Verhalten gesetzt werden (z. B. finanzielle Förderung bis hin zur Bezahlung). Auch die Schaffung förderlicher Rahmenbedingungen kann erhebliche Anreize setzen.
- Auch die Art und Weise der Ermittlung von Verstößen und der Einleitung eines Verfahrens kann unterschiedlich ausgestaltet sein; zum Beispiel kann die Einleitung eines Verfahrens von Amts wegen, auf Initiative von unmittelbar Betroffenen oder auf Initiative von Konkurrenten erfolgen, und die Ermittlung der Tatsachengrund-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

lage kann von Amts wegen oder durch Beweisführung unmittelbar Betroffener erfolgen.

Beispiele:
1. Eine *Selbstregulierung* der Handelnden *kann* sehr *effektiv*, unter Umständen sogar effektiver als eine staatliche Regelung sein. Denn die Betroffenen kennen die involvierten Sachfragen am besten (Sachnähe, Expertise) und können flexibel auf Veränderungen reagieren. Hinzu kommt, dass Partizipation die Eingriffstiefe für die Normunterworfenen verringert, sodass die Anforderungen an die sachliche Begründung für einen Grundrechtseingriff geringer sind. Dies sind zum Beispiel Kernaspekte berufsständischer Selbstverwaltung (Taupitz, 1991: 816 ff). Aus demokratisch-rechtsstaatlicher Sicht müssen allerdings die wesentlichen Aspekte vom (allein parlamentarisch legitimierten) Gesetzgeber getroffen werden;[3] dabei ist zu unterscheiden, wem eine Regelung Schutz gewährt und wessen Freiheit sie beschneidet:

a) Die Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes von 1964 (danach mehrfach revidiert, heute in der Fassung von 2013)[4] hat lange Zeit weltweit *die* maßgeblichen Standards zum Schutz von Patienten und Probanden in der medizinischen Forschung gesetzt, obwohl sie nicht rechtsverbindlich war und ist. Sie hat sehr effektiv den Schutz der Patienten zu Lasten der eigenen Gruppenmitglieder (Ärzte) ausgeweitet. So hat sie zum Beispiel zur verbreiteten Einführung von Ethikkommissionen als *Selbstkontrolleinrichtungen* der Wissenschaft beigetragen.

b) Vorschriften der Ärzteschaft, die (wie bis vor Kurzem die (Muster-)Richtlinie der Bundesärztekammer zur Durchführung der assistierten Reproduktion; Deutsches Ärzteblatt, 2006: A1392 ff. Sie wurde vom Vorstand der Bundesärztekammer inzwischen für „gegenstandslos" erklärt; Deutsches Ärzteblatt, 2018: A1096) die Durchführung fortpflanzungsmedizinischer Maßnahmen von bestimmten Voraussetzungen der Wunscheltern abhängig machen (Ehe, festgefügte verschiedengeschlechtliche Partnerschaft), bestimmte Patienten also von fortpflanzungsmedizinischen Maßnahmen ausschließen, sind dagegen wegen des Eingriffs in die Rechte der Außenstehenden (der Patienten) einer Regelung der ärztlichen Selbstverwaltung nicht zu überantworten; hier müsste

3 Zur „Wesentlichkeitslehre" des Bundesverfassungsgerichts siehe BVerfGE 49, 89, 126 f.; 61, 260, 275; 88, 103, 116; 108, 282, 312.

4 Siehe unter: http://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/Deklaration_von_Helsinki_2013_DE.pdf [20.12.2017].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

(entgegen der derzeitigen Situation) der Gesetzgeber tätig werden (Müller-Götzmann, 2009: § 10).

2. Wenn man ein Gesetz zur Regelung „der Lebenswissenschaften" oder auch nur (wie in der Schweiz) ein „Humanforschungsgesetz"[5] als ein sehr *weit greifendes* Regelwerk konzipiert, ist man konsequenterweise gezwungen, bei den *einzelnen Bestimmungen* jeweils genau abzuwägen, ob das entsprechende Schutzkriterium wirklich in der Breite und vor dem Hintergrund ganz unterschiedlicher Risikolagen gerechtfertigt ist. Der Vorteil besteht darin, dass die einschlägigen Bestimmungen in einem einzigen Regelwerk zu finden sind. Anders sieht dagegen das Konzept des deutschen Rechts aus, wonach jeweils spezielle Regelwerke auf jeweils relativ gut abgrenzbare Risikolagen lebenswissenschaftlicher Forschung ausgerichtet sind.[6] Genannt seien etwa jene Gesetze, die auf die Entwicklung von in den Verkehr zu bringenden *Produkten* (letztlich „Massenprodukten") gerichtet sind wie das Arzneimittelgesetz und das Medizinproduktegesetz, aber auch das Gentechnikgesetz, da es für seine Anwendbarkeit – neben dem Einsatz einer bestimmten Technik (dazu sogleich) – auch darauf ankommt, ob genetisches Material in einer Weise verändert worden ist, wie es unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt. Daneben existieren Vorschriften zur Forschung unter Anwendung bestimmter *gefährlicher Strahlen* wie die Röntgen- und die Strahlenschutzverordnung, darüber hinaus Bestimmungen zur Regelung bestimmter *Techniken* wie das gerade schon genannte Gentechnikgesetz zur Regelung der (Tiere, Pflanzen und Kleinstlebewesen betreffenden) „grünen" Gentechnik oder das Stammzellgesetz zur Forschung mit bestimmten *Biomaterialien*, nämlich humanen embryonalen Stammzellen. Nach diesem Konzept ist man der Notwendigkeit enthoben, *innerhalb* des jeweiligen Regelwerks allzu viele Differenzierungen vornehmen zu müssen. Freilich müssen für sektorübergreifende Forschungsmaßnahmen (z. B. Arzneimittelforschung unter Einbezug radiologischer Untersuchungsverfahren) dann mehrere spezifische Vorschriften berücksichtigt werden. Eine gewisse Abhilfe kann der Gesetzgeber hier durch das „One-door-one-key-Prinzip" schaffen, wonach in solchen Fällen eine der Regelungsmaterien Vorrang hat[7] oder zumindest

5 Humanforschungsgesetz vom 30.09.2011, siehe unter: https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20061313/index.html [20.12.2017].

6 Hinzu tritt (in personaler Ausrichtung) z. B. das jeweilige Berufs- und Standesrecht der Ärzte.

7 Dazu aus Sicht des EU-Rechts im Hinblick auf das produktspezifische Arzneimittel- und Lebensmittelrecht einerseits und die technologiespezifische allgemeine Freisetzungsrichtlinie andererseits Weiß, 2005: 459.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

eine Konzentration der verschiedenen Genehmigungs- oder Zulassungsverfahren in einem einzigen Verfahren erfolgt.[8]

Aus dem Vorstehenden folgt: Schon die Frage, *wer was wie* regeln soll, kann nicht pauschal beantwortet werden. *Deshalb gibt es von den Formen und Urhebern her betrachtet nicht „das richtige Maß" an rechtlicher Regulierung.*

5.2.2 Gesetzliche *Detailregelung vs. Generalklausel oder gar Abstinenz von Spezialnormen*

Der Spagat zwischen Rechtssicherheit, aber auch Statik einerseits sowie Offenheit und Flexibilität, aber auch Unbestimmtheit andererseits wurde bereits einleitend angesprochen, soweit es um den Unterschied zwischen gesetzlicher Detailregelung vs. Generalklausel oder gar Abstinenz von Spezialnormen geht.

Auch für den Gesetzgeber erweist sich der Spagat als nahezu unlösbar: Auf der einen Seite steht der Versuch, den schwierigen Umgang mit einer nicht nur neuen, sondern sich auch immer schneller entwickelnden Wissenschaft und Technik durch unbestimmte Rechtsbegriffe zu erleichtern, die dank ihrer mangelnden Klarheit und fehlenden Anbindung an einen bestimmten naturwissenschaftlichen Erkenntnisstand die Reaktionsmöglichkeiten der Kontrollinstanzen flexibel halten und bezogen auf neue Entwicklungen überhaupt erst ermöglichen.[9] Auf der anderen Seite geht mit den interpretationsfähigen Formulierungen jedoch auch die Gefahr einher, dass unter dem Deckmantel einer vermeintlich sicheren Rechtslage bestimmte Techniken oder Handlungen freigegeben werden,[10] ohne dass dem eine parlamentarisch-demokratische Entscheidung zugrunde läge. Dies und allgemein das Legalitätsprinzip, das bei strafrechtlich sanktionierten Vorschriften eine besondere Bedeutung hat („nulla poena sine lege stricta et scripta", vgl. Art. 103 Abs. 2 GG), sprechen dafür, das gesetzgeberische Ziel so exakt wie möglich zu formulieren. Versucht der Gesetzgeber dem folgend aber, mit sei-

8 So das Konzept von § 13 Bundes-Immissionsschutzgesetz: „Die Genehmigung schließt andere die Anlage betreffende behördliche Entscheidungen ein, insbesondere öffentlich-rechtliche Genehmigungen, Zulassungen, Verleihungen, Erlaubnisse und Bewilligungen mit Ausnahme von Planfeststellungen, Zulassungen bergrechtlicher Betriebspläne, behördlicher Entscheidungen auf Grund atomrechtlicher Vorschriften und wasserrechtlichen Erlaubnissen und Bewilligungen nach § 8 in Verbindung mit § 10 des Wasserhaushaltsgesetzes". Vgl. ferner § 22 Gentechnikgesetz, § 75 Abs. 1 S. 1, 2. HS (Bundes-)Verwaltungsverfahrensgesetz.

9 Dazu (kritisch) Simitis, 2008: 699.

10 Siehe dazu bezogen auf das Datenschutzrecht Simitis, 2008: 700.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ner legislativen Begrifflichkeit einer exakten Terminologie der Naturwissenschaften[11] oder dem jeweiligen wissenschaftlichen Erkenntnisstand zu folgen, so erfasst er einige als regelungsbedürftig erkannte Sachverhalte zwar unter Umständen sehr präzise, läuft jedoch Gefahr, alsbald vom wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt überholt zu werden und neu entstandene Problemlagen zu verfehlen; er läuft damit Gefahr, dem wissenschaftlichen Erkenntniswandel permanent hinterher zu hecheln. Die Embryodefinition des Embryonenschutzgesetzes[12] und letztlich das gesamte, als Strafgesetz gemäß Art. 103 Abs. 2 GG jedoch an sich dem Postulat besonderer Exaktheit unterworfene Embryonenschutzgesetz sind dafür beredte Beispiele.[13]

Als Beispiel für die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Konzeptionen sei zudem die Regelung der Präimplantationsdiagnostik (PID) genannt. Bei der PID werden in vitro erzeugte Embryonen vor ihrem Transfer auf die Frau genetisch untersucht. Stellt sich bei der Untersuchung die Schädigung eines Embryos heraus, führt dies in der Regel zu der Entscheidung, ihn nicht zu transferieren, sondern zu verwerfen. Aus diesem Grund ist die PID in vielen Ländern umstritten. Sofern die Zulässigkeit der PID dem Grunde nach bejaht wird (wie es seit 2010 zunächst durch Urteil des BGH vom 06.07.2010[14] und seit Einfügung des § 3a in das Embryonenschutzgesetz 2011 auch in Deutschland der Fall ist[15]), stellt sich die Frage, in welcher Form ihre Grenzen geregelt werden sollen:[16]

Für einen gesetzlichen Indikationenkatalog (Auflistung der Krankheitsfälle, in denen die PID zugelassen sein soll) spricht die damit einhergehende Klarheit und Bestimmtheit. Dies wirkt zudem einer kontinuierlichen Ausweitung des Anwendungsbereichs entgegen. Ferner muss der Gesetzgeber bei seiner Entscheidung der Bedeutung

11 Freilich gibt es auch den umgekehrten Fall: Der Terminus „totipotent" z. B. wird im Embryonenschutzgesetz exakter verwendet, als dies lange Zeit in den Naturwissenschaften (unter Einbeziehung „pluripotenter" Zellen) der Fall war (siehe Taupitz, in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014: C. II. § 8 Rn. 42).

12 § 8 Abs. 1 ESchG lautet: „Als Embryo im Sinne dieses Gesetzes gilt bereits die befruchtete, entwicklungsfähige menschliche Eizelle vom Zeitpunkt der Kernverschmelzung an, ferner jede einem Embryo entnommene totipotente Zelle, die sich bei Vorliegen der dafür erforderlichen weiteren Voraussetzungen zu teilen und zu einem Individuum zu entwickeln vermag." (dazu Taupitz, in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014: C. II. § 8). Erkenntnisfortschritte der Zellbiologie und Fortpflanzungsmedizin konnte der Gesetzgeber auch nicht hinreichend durch die Formulierung „gilt als" einfangen, die freilich eine gewisse Selbstständigkeit des Rechts gegenüber den Naturwissenschaften signalisieren soll.

13 Bemerkenswert z. B. der schon im „Klonbericht" der Bundesregierung vom 26.06.1998 (BT-Drucks. 13/11263) dargelegte umfassende Handlungsbedarf.

14 BGH, NJW 2010, 2672 ff.

15 Gesetz vom 21. November 2011, BGBl. I, S. 2228.

16 Zum Folgenden siehe Nationaler Ethikrat, 2003: 114 ff.; Taupitz, in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014: § 3a Rn. 28.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

und den Besonderheiten der je spezifischen Fallkonstellationen Rechnung tragen. Er steht dabei nicht nur unter einem hohen Legitimationsdruck, sondern kann die Entscheidung auch nicht auf eine andere Instanz verlagern.

Für eine Generalklausel, die die Entscheidung stärker der Einzelfallbeurteilung überantwortet, spricht, dass sich eine genetisch bedingte Krankheit oder Behinderung in sehr unterschiedlichen Schweregraden manifestieren und von den Betroffenen und Angehörigen als unterschiedlich belastend erlebt werden kann. Beide Dimensionen lassen sich durch eine Auflistung nicht adäquat erfassen. Zudem erweckt ein Katalog leicht fälschlicherweise den Eindruck, schon das Vorliegen eines genetischen Merkmals rechtfertige ein Verwerfen von Embryonen; er leistet einem Automatismus zwischen Diagnose und Verwerfen des Embryos Vorschub. Schließlich kann ein Katalog denjenigen, die an einer der aufgeführten Krankheiten oder Behinderungen leiden, den Eindruck vermitteln, vonseiten der staatlichen Rechtsordnung nicht erwünscht zu sein.

Daraus folgt: *Es gibt von der Regelungsdichte her betrachtet nicht „das richtige Maß" an rechtlicher Regulierung.*

5.2.3 Respekt vor Andersdenkenden

1. Nationales (Verfassungs-)Recht und übernationale Rahmenbedingungen (EU-Recht, verbindliches Völkerrecht, Empfehlungen völkerrechtlicher Organisationen) enthalten oft wenig konkrete Vorgaben darüber, *wie* der Konflikt zwischen der Freiheit des einen und dem Schutz des anderen aufzulösen ist. Dem konkretisierenden Normgeber kommt insoweit ein mehr oder weniger großer *Beurteilungsspielraum* zu („Freiheit zur Regelung" im Sinne des „Ob" und vor allem des „Wie"), der von den (Verfassungs-)Gerichten nur in beschränktem Ausmaß überprüfbar ist.[17] In die Abwägung sind zahlreiche konkurrierende und konfligierende Faktoren einzubeziehen, insbesondere

- der Rang der beiderseits individuell und in der Gesellschaft involvierten Rechtspositionen, Werte und Interessen,
- das Ausmaß der abzuwehrenden Gefahr(en) für Individuen (auch zukünftiger Generationen) und/oder die Gesellschaft,
- die Wahrscheinlichkeit der zu vermeidenden Gefahrverwirklichung,
- die Folgen der zur Gefahrabwendung ergriffenen Maßnahme(n) für Individuen und/oder die Gesellschaft hinsichtlich Ausmaß und Wahrscheinlichkeit.

17 Siehe BVerfGE 88, 203, 254: „Die Verfassung gibt den Schutz als Ziel vor, nicht aber seine Ausgestaltung im einzelnen"; BVerfGE 115, 118, 159 f.; BVerfG NVwZ 2007, 805.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Mehrere – auch konträre – Lösungen können dabei sachlich begründet sein (was nicht bedeutet, dass jeder sie auch gleichermaßen für überzeugend hält). Dies gilt insbesondere auch im Vergleich mit anderen geregelten Sachverhalten, wobei je nach Standpunkt entweder die Unterschiede zu diesen oder die Übereinstimmungen hervorgehoben werden können.

Beispiel:[18]

Für die Zulässigkeit der PID spricht der Vergleich mit der Zulässigkeit der Abtreibung: Es ist widersprüchlich, die Untersuchung eines Embryos in utero nach der Nidation zu erlauben und bei Feststellung einer genetischen Schädigung seine Abtreibung zu gestatten, eine gleichartige Untersuchung aber in vitro vor der Nidation zu untersagen. Ein solches Verbot zwingt die Frau zu einer Schwangerschaft auf Probe und führt dazu, dass der Embryo nur weiter heranreifen muss, bis er abgetrieben werden darf. Sowohl bei der Abtreibung als auch bei der PID geht es um die Antizipation einer unzumutbaren Belastung für das Kind und die Mutter nach der Geburt. Gegen die Zulässigkeit der PID wenden sich (natürlich) diejenigen, die schon die Abtreibung ablehnen. Aber auch gegen einen Vergleich mit der Abtreibungsregelung kann vorgebracht werden, dass es bei der In-vitro-Diagnose an der körperlichen Einheit von Frau und Kind fehlt und dass bei der PID eine Auswahl unter mehreren gleichzeitig in vitro vorhandenen Embryonen getroffen werden kann; wegen der Auswahlmöglichkeit „dieses oder jenes Embryos“ (im Gegensatz zur Abtreibung, wo es nur um die Frage geht: „dieser Embryo: ja oder nein?“) ist die Gefahr der Eugenik größer. Abtreibung und PID unterscheiden sich also in verschiedenen Punkten, sodass eine unterschiedliche rechtliche Regelung nicht unbedingt vollkommen widersprüchlich ist.

Man kann keiner der beiden Positionen Rationalität absprechen. Entscheidend ist, welches Gewicht den jeweiligen Sachgesichtspunkten beigemessen wird.

Schlussfolgerung: *Es gibt vom Inhalt her betrachtet nicht „das richtige Maß“ an rechtlicher Regulierung.*

5.2.4 Forschung – Anwendung ihrer Ergebnisse

Ganz grundsätzlich kann zwischen lebenswissenschaftlicher Forschung und ihrer Anwendung unterschieden werden – mit gravierenden verfassungsrechtlichen Konsequenzen. Während das Grundrecht der Forschungsfreiheit des Grundgesetzes (Art. 5 Abs. 3) nur aufgrund konfligierender *Güter mit Verfassungsrang* eingeschränkt werden

18 Zum Folgenden siehe Nationaler Ethikrat, 2003: 85 ff., 123 ff.; Deutscher Ethikrat, 2011: 80 ff.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

darf,[19] Begrenzungen durch ein Gesetz, das nicht der Konkretisierung von Verfassungsgütern dient, also ausgeschlossen sind,[20] ist die Anwendung und Umsetzung der Forschungsergebnisse in Bereichen außerhalb der Wissenschaft „nur" noch von der Berufsfreiheit (Art. 12 Abs. 1 GG) und der allgemeinen Handlungsfreiheit (Art. 2 Abs. 1 GG) geschützt, die beide gleichermaßen unter einem „Gesetzesvorbehalt" stehen. Im Ergebnis folgt daraus, dass der Gesetzgeber die *Anwendung und Umsetzung* von Forschungsergebnissen in die Praxis nach allgemeinen Maßstäben (insbesondere unter dem Vorbehalt der Verhältnismäßigkeit) *beschränken oder verbieten* darf, Beschränkungen des *Forschungsgegenstandes* aber grundsätzlich *nicht zulässig* sind, da ein konkreter Konflikt mit anderen Rechtsgütern auf der Ebene der freien Wahl von Forschungsgegenständen kaum vorstellbar ist (Hailbronner, 1980: 230 f.). Zumindest im Bereich der Grundlagenforschung gilt der Satz, dass die Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse als solche wertneutral ist. Aber auch außerhalb der Grundlagenforschung ist in der Regel nicht abzusehen, welche Chancen und Risiken den Forschungsergebnissen immanent sind, sodass eine (verfassungs-)rechtlich fundierte Güterabwägung bezogen auf die Wahl des Forschungsgegenstandes kaum möglich ist, eine Einschränkung des wissenschaftlichen Erkenntnisstrebens allein wegen eines stets vorhandenen Risikos von Forschung vielmehr ihrerseits unzulässig ist. Selbst bezogen auf die anwendungsorientierte Forschung gilt, dass nach dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit nicht die Forschung selbst, sondern erst ihre Umsetzung in die Praxis beschränkt werden darf, wenn eine Gefährdung für andere Rechtsgüter erst durch die Umsetzung droht.

Hinsichtlich der *Art und Weise der Durchführung* von Forschung kommen dagegen durchaus Begrenzungen in Betracht, sofern von ihr tatsächlich Verfassungsgüter betroffen sind. Genannt seien etwa Leben, körperliche Unversehrtheit und Selbstbestimmungsrecht der in die Forschung einbezogenen Patienten und Probanden. Dass es allerdings oft genug umstritten ist, ob überhaupt konfligierende Verfassungsgüter bestehen, ist bekannt – das früher viel diskutierte Beispiel des Tierschutzes[21] oder aktuell der Streit um den verfassungsrechtlichen Status früher Embryonen[22] sind prägnante Beispiele für insoweit (auch international) divergierende Auffassungen.

Konsequenz: *Es gibt vom Regelungsobjekt her betrachtet nicht „das richtige Maß" an rechtlicher Regulierung.*

---

19 BVerfGE 28, 243, 261; 30, 173, 193; 47, 327, 369; siehe dazu auch Taupitz, 2002b: 739.

20 BVerfGE 47, 327, 369.

21 Seit 1994 ist der Tierschutz in Art. 20a GG verankert. Zuvor war sehr umstritten, ob der Tierschutz die Forschungsfreiheit beschränken kann, siehe BVerfGE 28, 243, 261; Caspar, 1999.

22 Siehe dazu hier nur die Stellungnahmen des Nationalen Ethikrates, 2002, 2003, 2004.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

5.2.5 Veränderte gesellschaftliche Einstellungen

Die *Auffassungen* zum Stellenwert der jeweiligen Rechtspositionen, Werte, Interessen und Argumente *wandeln* sich.

1. Das Recht formt zwar das Bewusstsein einer Gesellschaft und soll es auch formen (sodass „symbolische Gesetzgebung" nicht per se abzulehnen ist), es hängt in seiner Entstehung und in seinem Fortbestand aber auch in erheblichem Maß von den jeweiligen gesellschaftlichen Vorstellungen und von gesellschaftlicher Akzeptanz ab.

2. Der Versuch, heutige moralische Vorstellungen ein für alle Mal festzuschreiben und eine Verschiebung moralischer Grenzen ihrerseits als unmoralisch abzuqualifizieren, läuft im Grunde auf einen Moralimperialismus hinaus. Eine Gesellschaft sollte sich nicht das Recht anmaßen, auf dem Boden ihrer derzeitigen Auffassungen Stillstand in der Entwicklung gesellschaftlicher Vorstellungen vom Zusammenleben der Menschen zu verordnen. Selbst in einer so zentralen Frage wie dem Schutz der Menschenwürde kann es keine Versteinerung bestimmter Vorstellungen geben – das Beispiel der Folter, heute *das* Paradebeispiel für eine Menschenwürdeverletzung, noch vor wenigen Jahrhunderten gesellschaftlich breit akzeptiert,[23] zeigt dies sehr deutlich. Im Lichte der Verantwortung für zukünftige Generationen sind *Handeln und Unterlassen* zu bewerten und Risiken *und* Chancen gegeneinander abzuwägen. Neue Erkenntnisse fordern zu neuem Nachdenken heraus – und Nachdenken muss *Konsequenzen* haben *können*.

3. Zwar haben Recht und Moral und hat insbesondere die den tagespolitischen Beliebigkeiten weitgehend entzogene Verfassung durchaus eine retardierende Funktion: Neue Sachverhalte sind an den *bisherigen* Lösungen zu messen und neuen Entwicklungen darf nicht *leichtfertig* und *gedankenlos* gefolgt werden; vielmehr muss ein *Abwägungsvorgang* einsetzen, der die zu erwartenden unmittelbaren und mittelbaren Folgen in positiver wie in negativer Hinsicht einbezieht. Wichtig ist aber zugleich, dass in einer auf Freiheit beruhenden Gesellschaft *Einschränkungen der Freiheit der Begründung bedürfen* und diese Begründung nicht in einem bloßen Verweis auf das Neue oder in der Verwendung von Schlagworten wie einem undifferenzierten Verweis auf die Menschenwürde bestehen kann. Auch der Fortbestand von Freiheitseinschränkungen rechtfertigt sich nicht aus sich heraus; vielmehr hat der Gesetzgeber stets die Pflicht, gesetzliche Freiheitseinschränkungen vor dem Hintergrund späterer Entwicklungen und gesellschaft-

23 In vielen Gebieten Deutschlands wurde die Folter erst um das Ende des 18. oder zu Beginn des 19. Jahrhunderts abgeschafft, im schweizerischen Kanton Glarus sogar erst 1851.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

licher Wandlungen auf ihre Rechtfertigung hin zu überprüfen. Veränderte Situationen verpflichten den parlamentarischen Gesetzgeber zu einem „Nachfassen",[24] wobei ihm allerdings hinsichtlich des „Ob" und des „Wie" ein am Einzelfall zu bemessender Ermessensspielraum verbleibt.[25]

Vor diesem Hintergrund besteht insbesondere auch aufseiten der Wissenschaft eine *Begründungslast* für ihr Tun oder auch Unterlassen, weil die Gesellschaft nur auf der Basis zutreffender und umfassender Informationen verantwortliche Entscheidungen treffen kann. Umgekehrt ist es nicht als Lobbyismus abzuqualifizieren, wenn die Wissenschaft öffentlich auf nachteilige Folgen bestimmter rechtlicher Regelungen hinweist und den Gesetzgeber damit zu veranlassen versucht, der Wissenschaft größere Freiheit zurück zu gewähren – wie dies in den vergangenen Jahren bezogen auf die Beschränkungen durch das Stammzellgesetz geschehen ist,[26] das daraufhin durch Verschiebung des sogenannten Stichtages und durch Klarstellung seines Anwendungsbereichs einschließlich des Anwendungsbereichs der Strafbestimmung durch Änderungsgesetz vom 14.08.2008 modifiziert wurde.[27]

4. Wer den damit geforderten ständigen Diskurs und die notwendige (auch durch Rechtsvergleich angeregte) Selbstvergewisserung mit Warnungen vor einer „reprogenetischen Auflösung der Rechtsordnung" (Höfling, 2002: 99) oder „biomedizinischer Auflösung der Grundrechte" (Höfling, 2002: 100) belegt, unterschlägt, dass eine Gesellschaft ihre moralischen und rechtlichen Grundpositionen keineswegs zunehmend aufweicht und ethisch-rechtliche Grenzen nicht „einseitig" immer weiter hinausschiebt. Gerade das Beispiel der Folter zeigt ja sehr deutlich, dass das gesellschaftliche Bewusstsein für einen angemessenen Umgang der Menschen untereinander nicht einseitig auf eine „Verrohung der Sitten" oder eine „Verzweckung des Menschen" hinausläuft. Auch andere Beispiele, wie etwa das umfangreich gewordene Datenschutzrecht, das Recht des Persönlichkeitsschutzes, die zunehmende Inklusion von Behinderten in die Gesellschaft,[28] das

24 BVerfGE 49, 89 (130). Näher Taupitz, 1991: 824 ff.

25 Dazu BVerfGE 56, 54 (80 ff.).

26 Einflussreich war insbesondere die Stellungnahme der DFG, 2006.

27 Gesetz zur Änderung des Stammzellgesetzes vom 14.08.2008, BGBl. I, 1708. Zur 2. und 3. Lesung im Deutschen Bundestag am 11.04.2008 siehe BT-Plenarprotokoll 16/155; die 1. Lesung zu den Gesetzentwürfen hatte am 14.02.2008 stattgefunden, BT-Plenarprotokoll 16/142. Der Bundesrat hat in seiner Sitzung vom 23.05.2008 den Antrag Bayerns vom 20.05.2008 (BR-Drs. 278/1/08) auf Anrufung des Vermittlungsausschusses abgelehnt, siehe BR-Plenarprotokoll 844.

28 Zur Inklusion als zentraler Forderung des Rechts der Behinderten siehe Art. 3 lit. c, 19 der Convention on the Rights of Persons with Disabilities, UN Doc. A/RES/61/106 vom 24.01.2007, Annex I; die Konvention ist am 03.05.2008 als Vertragswerk international in Kraft getreten und für Deutschland seit dem 26.03.2009 verbindlich.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Ernstnehmen der Subjektqualität von Minderjährigen in der medizinischen Forschung durch Berücksichtigung ihres Willens auch vor Erreichen der Selbstbestimmungsfähigkeit[29] oder das wachsende Ausmaß der Forschungskontrolle durch Ethikkommissionen, die ursprünglich im Bereich der wissenschaftlichen Selbstverwaltung entstanden sind, inzwischen aber zum Beispiel im Arzneimittelrecht zu regelrechten Behörden aufgewertet wurden (Taupitz, 2006: 57 ff.), zeigen, dass heute in zahlreichen Bereichen eine sehr viel höhere Sensibilität als früher herrscht und Handlungsfreiheiten unter Berufung auf den Schutz personaler Belange viel stärker beschränkt werden.

5. Eine „Ewigkeitsgarantie" ist selbst bezogen auf grundlegende Wertvorstellungen einer Gesellschaft umso eher problematisch, je konkreter sie festgeschrieben ist. Deshalb ist die „Ewigkeitsgarantie" des Art. 79 Abs. 3 des Grundgesetzes[30] nur deshalb überzeugend, weil sie sich auf hohem Abstraktionsniveau (z. B. Garantie der „Menschenwürde", Bundesrepublik als „demokratischer und sozialer Bundesstaat") bewegt.

5.2.6 Naturwissenschaftliche Erkenntnisfortschritte

Recht muss den Erkenntnisfortschritten der Naturwissenschaften Rechnung tragen, darf aber nicht in irreale Spekulationen abgleiten. Es muss mit anderen Worten den Realitäten gerecht werden. Das bedeutet einerseits, dass nicht „auf Vorrat" bestimmte Verbote erlassen werden dürfen, weil sich vielleicht einmal in der fernen Zukunft aus entsprechenden Handlungen heute noch nicht absehbare Risiken ergeben können. Auch der Umgang mit den begrenzten Ressourcen des Gesetzgebers gebietet es, nicht Vorsorge für alles und jedes Denkbare zu treffen. So wäre es zum Beispiel absurd, Regelungen zu erlassen, ob und welchen Lebewesen von anderen Planeten Menschenrechte zuzusprechen sind – ganz einfach deshalb, weil wir heute nicht wissen können, welche Arten von Lebewesen auf anderen Planeten existieren und inwiefern sie uns Menschen oder aber Tieren ähnlich sind. Andererseits muss das Recht rasch auf neue Erkenntnisse reagieren. So ist zum Beispiel durch die neuen gentechnologischen Verfahren wie CRISPR/Cas unsicher geworden, ob und welche mithilfe dieser Techniken herbeige-

29 Zur Beachtlichkeit des Vetos eines Minderjährigen siehe hier nur Art. 17 Abs. 1 lit. v Biomedizinkonvention des Europarates und Art. 40 Abs. 4 Nr. 3 AMG.

30 „Eine Änderung dieses Grundgesetzes, durch welche die Gliederung des Bundes in Länder, die grundsätzliche Mitwirkung der Länder bei der Gesetzgebung oder die in den Artikeln 1 und 20 niedergelegten Grundsätze berührt werden, ist unzulässig." Art. 1 enthält u. a. den Schutz der Menschenwürde, Art. 20 legt u. a. fest, dass die Bundesrepublik Deutschland ein demokratischer und sozialer Bundesstaat ist.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

führte Veränderungen in Pflanzen und Tieren dem geltenden Gentechnikrecht unterliegen.[31] Denn jedenfalls Punktmutationen, wie sie durch neue gentechnische Verfahren zielgenau möglich sind, kommen auch auf natürliche Weise vor. Und sofern kein fremdes genetisches Material eingebracht wird oder zurückbleibt, ist ein Nachweis der gentechnischen Veränderung auch gar nicht möglich. Der Europäische Gerichtshof hat gleichwohl am 25. Juli 2018 – entgegen der Empfehlung des EU-Generalanwalts[32] – entschieden, dass die mit Verfahren/Methoden der Mutagenese gewonnenen Organismen genetisch veränderte Organismen im Sinne des europäischen Gentechnikrechts darstellen und dies nur dann nicht gilt, wenn sie mit Verfahren/Methoden der Mutagenese gewonnenen wurden, „die herkömmlich bei einer Reihe von Anwendungen angewandt wurden und seit langem als sicher gelten" (EuGH, Rechtssache C-528/16).

Um einem gewissen Phlegmatismus des Gesetzgebers vorzubeugen, der – auch das ist verständlich – alte Schlachten nicht immer wieder neu schlagen möchte, wird gerade im Hinblick auf die rechtliche Regelung der Biotechnologie immer wieder gefordert, entsprechende Gesetze von vornherein zu befristen, um einen von Anfang an offenen und konstant weiterzuführenden Gesetzgebungsprozess einzuleiten, der dazu zwingt, sich nicht nur mit den Defiziten der bisherigen Regelung, sondern primär auch mit einem veränderten Technologiekontext und dessen Auswirkungen auseinanderzusetzen (Simitis, 2008: 701).

2. Menschliches Verhalten vollzieht sich in entwickelten Gesellschaften – entgegen zuweilen geäußerter Auffassung von Nicht-Juristen – nie „im rechtsfreien Raum". Unter Umständen gibt es zwar keine rechtliche Regelung, die eine Handlung/ein Unterlassen speziell und zielgerichtet erfasst. Aber jedenfalls die Vorgaben der Verfassung sowie allgemeine Rechtsregeln und Rechtsinstitute sorgen doch dafür, dass mehr oder weniger konkrete *rechtliche* Bewertungskriterien auf die fragliche Handlung/das fragliche Unterlassen anwendbar sind. Gerade bei neuen Entwicklungen, deren Chancen und Risiken nicht exakt im Vorhinein beurteilt und deren Grenzen noch nicht genau abgesteckt werden können, kann es sich anbieten, der Entwicklung zunächst nur lose begleitend „ihren Lauf" zu lassen, um erst später, nach hinreichender Erkenntnis und genauerer Erfahrung, eine zielgenaue Lösung zu entwickeln, wenn die Zeit dafür wirklich reif ist. Ein Beispiel sind Biobanken, also Sammlungen von menschlichen Körpermaterialien, die mit (zumeist) gesundheitlichen Daten der Spender verknüpft sind und

31 Hierzu und zum Folgenden Bundesregierung, 2016.

32 EU-Generalanwalt Michal Bobek gab in seinem Schlussantrag im Januar 2018 die Einschätzung wieder, dass in bestimmten Fällen mittels CRISPR/Cas veränderte Organismen nicht als gentechnisch verändert gelten (und demnach auch nicht unter die Regulierung der Gentechnik fallen) müssten. Siehe unter: https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-01/cp180004en.pdf [17.08.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

für Forschungszwecke verwendet werden. Hier hat der Gesetzgeber bisher auf eigene Regelungen verzichtet; er ermöglicht so den involvierten Kreisen, selbst Standards zu setzen, die dann gegebenenfalls Vorbild für rechtliche Regelungen sein können (Taupitz/Schreiber, 2016: 309).

Konsequenz: *Es gibt vom Zeitpunkt aus betrachtet nicht „das richtige Maß" an rechtlicher Regulierung.*

5.2.7 Rechtspolitische Realisierbarkeit

Das „richtige Maß" an Regulierung hängt realistischerweise von seiner *rechtspolitischen Realisierbarkeit* ab. Diese wiederum ist insbesondere, aber nicht nur, abhängig von den sich wandelnden gesellschaftlichen Vorstellungen, darüber hinaus aber auch von (partei-)politischen Konstellationen.

Beispiele:

1. Auffassungswandlungen bezüglich der Homosexualität in zahlreichen Ländern[33] haben sukzessiv zu erheblichen Rechtsänderungen geführt:

- Zunächst zur Abschaffung der Strafbarkeit homosexueller Handlungen (in Deutschland 1969: Aufhebung der Strafbarkeit einfacher gleichgeschlechtlicher Handlungen unter erwachsenen Männern, 1994: Aufhebung der Strafbarkeit sexueller Handlungen eines erwachsenen Mannes mit einem 16 bis 18-jährigen Mann, seither geschlechtsneutral formulierte Vorschrift, die den Schutz der ungestörten sexuellen Entwicklung Jugendlicher bezweckt),
- dann zur Einführung des Rechtsinstituts der gleichgeschlechtlichen Lebenspartnerschaft (in Deutschland gegen den Widerstand der konservativen Parteien durch die regierende rot-grüne Koalition 2001),
- dann zur Möglichkeit der Stiefkindadoption, das heißt der Adoption des Kindes eines Lebenspartners durch den anderen gleichgeschlechtlichen Lebenspartner (in Deutschland unter gleichen Vorzeichen 2005),
- in einem weiteren Schritt zur Zulassung homosexueller Paare zu fortpflanzungsmedizinischen Maßnahmen (z. B. in Schweden [2005], Spanien [2006] und Belgien [2007], allerdings mit Unterschieden zwischen lesbischen und schwulen Paaren,

33 Siehe zum Folgenden Müller-Götzmann, 2009: § 5, § 7.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

weil schwule Paare auf eine Ersatzmutter angewiesen sind und die Ersatzmutterschaft verbreitet abgelehnt wird; gleichgeschlechtliche Elternschaft war und ist damit erst allmählich realisierbar),

- zur Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts aus dem Jahr 2013, wonach die Beschränkungen im Adoptionsrecht betreffend homosexueller Personen verfassungswidrig sind,[34] und die Möglichkeit einer sukzessiven Adoption auch eingetragenen Lebenspartnern eingeräumt werden muss (die gemeinschaftliche Adoption nicht leiblicher Kinder blieb weiterhin unzulässig),[35]
- zur Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts aus dem Jahr 2013, wonach das Ehegattensplitting auch für eingetragene Lebenspartnerschaften gelten muss,[36]
- und schließlich zum Beschluss und Inkrafttreten des Gesetzes zur Einführung des Rechts auf Eheschließung für Personen gleichen Geschlechts am 01.10.2017 (Gesetz zur „Ehe für alle"), wonach § 1353 Abs. 1 S. 1 BGB nun lautet: „Die Ehe wird von zwei Personen verschiedenen oder gleichen Geschlechts auf Lebenszeit geschlossen" (statt bisher „Die Ehe wird auf Lebenszeit geschlossen"); daneben wurde § 20a LPartG eingeführt, der die Umwandlung einer Lebenspartnerschaft in eine Ehe regelt.[37]

2. Eine Reform des Embryonenschutzgesetzes von 1990 und die Schaffung eines umfassenderen Fortpflanzungsmedizingesetzes, obwohl in vielerlei Hinsicht dringend notwendig,[38] unterbleibt erkennbar vor allem deshalb, weil sich niemand an das Gesetz „herantraut": Diejenigen, die eine Liberalisierung befürworten, befürchten, dass im Ergebnis eine Verschärfung herauskommt, und diejenigen, die eine Verschärfung wünschen, können sich ebenfalls nicht sicher sein, dass das Ergebnis des politischen Prozesses in ihrem Sinne ausfallen wird. Da die (moralischen) Positionen zudem quer durch die Parteien gehen, lässt sich auch kein parteipolitisches Kapital aus einer entsprechenden Debatte schlagen. Nicht zuletzt handelt es sich um ein Bündel von schwierigen Einzelfragen, die einer jeweils getrennten Diskussion und Lösung nur begrenzt zugänglich sind, zugleich aber als Paket schwierig und unübersichtlich zu „handeln" sind. Die einzige substanzielle Änderung des Gesetzes durch Einfügung des § 3a zur Regelung der Präimplantationsdiagnostik[39] erfolgte 2011 nur

34 BVerfG, NJW 2013, 847 ff.

35 Die Umsetzung des Urteils erfolgte durch Änderungsgesetz vom 20.06.2014: BGBl. I 2014 , S. 786.

36 BVerfG, NJW 2013, 2257 ff. Die Umsetzung erfolgte mit Gesetz vom 15.07.2013: BGBl. I 2013, S. 2397.

37 BGBl. I 2017, S. 2787.

38 Siehe etwa Leopoldina (2017).

39 Siehe Gesetz vom 21. November 2011, BGBI. I, S. 2228i.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

deshalb, weil der Bundesgerichtshof die Präimplantationsdiagnostik als nicht vom Embryonenschutzgesetz verboten angesehen hatte[40] und deshalb eine (vermeintliche) Gesetzeslücke geschlossen werden musste.

Schlussfolgerung: *Es gibt vom politischen Umfeld her betrachtet nicht „das richtige Maß" an rechtlicher Regulierung.*

5.3 Zum „falschen Maß" an rechtlicher Regulierung

Konkreter als das „richtige Maß" kann das *„falsche Maß"* an rechtlicher Regulierung bestimmt werden. Einige Beispiele sollen dies zeigen:

5.3.1 Fehlende Befolgung verfassungsrechtlicher Vorgaben

Wie bereits dargestellt, kann die Forschungsfreiheit des Grundgesetzes (Art. 5 Abs. 3) nur aufgrund konfligierender *Güter mit Verfassungsrang* eingeschränkt werden.[41] Die im Stammzellgesetz verankerten Forschungsbeschränkungen rechtfertigen sich nach Ansicht des Gesetzgebers jedoch daraus, dass embryonale Stammzellen in „ethischer Hinsicht" nicht wie jedes andere menschliche Material angesehen werden können, da zu ihrer Gewinnung Embryonen verbraucht werden mussten.[42] Ethische Bedenken[43] haben als solche jedoch keinen Verfassungsrang, taugen also als solche nicht als Begründung für Eingriffe in die Forschungsfreiheit (Taupitz, 2003a: 14).

Allgemein gilt: Ethische, philosophische und theologische Ansätze können nicht ohne Weiteres als Ausdruck der geltenden Rechtsordnung ausgegeben werden. So gilt etwa für den Menschenwürdesatz des Grundgesetzes, dass er, „obwohl einer breiten, anspruchsvollen geistesgeschichtlichen Tradition entsprungen, [...] eine eigenständige und gegenüber ethischen Normen spezifische und inhaltlich begrenzte Rechtsregel [...] ist und bleibt. [...] In der Konsequenz davon ist die Menschenwürde der Philosophie und der Ethik nicht eins zu eins ins Verfassungsrecht übertragbar. Das Gegenteil ist richtig: Ein ursprünglich ethischer Begriff muss, wenn er ins Recht Eingang gefunden hat, unter Berücksichtigung des verpflichtenden Charakters des Rechts ausgelegt und verstanden werden" (Wahl, 2007: 576 f.).

40 Siehe BGH, NJW 2010, 2672 ff.

41 Siehe BVerfGE 28, 243, 261; 30, 173, 193; 47, 327, 369.

42 BT-Drucks. 14/8394, S. 7.

43 So aber auch BT-Drucks. 16/7983, S. 2.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

5.3.2 Unzureichende empirische Grundlagen befürchteter Gefahren

Der Gesetzgeber des Embryonenschutzgesetzes hat verschiedene fortpflanzungsmedizinische Maßnahmen, die zu einer gespaltenen Mutterschaft führen würden (z. B. Eizellspende, Embryospende, Ersatzmutterschaft), unter Hinweis auf eine Gefahr für das Kindeswohl verboten. Dabei ließ er jedoch das *Fehlen* von Erkenntnissen beziehungsweise die Tatsache, dass negative Auswirkungen „nicht auszuschließen" seien,[44] genügen.[45] Inzwischen belegen allerdings ausländische Erfahrungen sehr deutlich, dass die Befürchtungen unberechtigt waren.[46] Eine Reaktion des Gesetzgebers steht gleichwohl bis heute aus.

5.3.3 Widersprüchlichkeit einer gesetzlichen Regelung

Entgegen seinem Titel (und im Gegensatz zu ursprünglichen Bestrebungen) steht im Mittelpunkt des Embryonenschutzgesetzes nicht der Schutz des Embryos, soweit sein Leben betroffen ist:[47] Das Gesetz enthält kein explizites Tötungsverbot – sogar das aktive Verwerfen und damit Abtöten verstößt nicht gegen das Gesetz.[48] Das Gesetz enthält auch keine Pflicht zur Erhaltung des Embryos außerhalb des Mutterleibs oder durch Übertragung auf eine Frau. Mit der Erlaubnis, zeitgleich mehrere Embryonen auf eine Frau zu übertragen, um die Schwangerschaftswahrscheinlichkeit zu erhöhen (§ 1 Abs. 1 Nr. 3), legitimiert das Gesetz, dass die *Aufopferung* von Embryonen in Kauf genommen wird. Bezogen auf einen (verbotswidrig) erzeugten Klon und (verbotswidrig) erzeugte Chimären und Hybride enthält das Gesetz in Gestalt des Transferverbots (§ 6 Abs. 2, § 7 Abs. 2 Nr. 1a) sogar eine mit bis zu fünf Jahren Freiheitsstrafe bewehrte *Pflicht zur Tötung* von Embryonen (genauer: eine strafbewehrte Pflicht zur Vorenthaltung der wichtigsten Entwicklungsvoraussetzungen) – was nicht selten als *Instrumentalisierung* derartiger Embryonen zur Absicherung der Verbote ihrer Erzeugung kritisiert wird.[49] Rechtspolitisch wäre es sicher sinnvoller, bei Verboten, die auf die Unerwünschtheit der Verwendung bestimmter Entitäten für reproduktive Zwecke abzielen, nicht auf das Tatbestandsmerkmal „Embryo" zurückzugreifen (Eser/Koch, 2003: 66).

44 Begründung zum Entwurf des ESchG v. 25.10.1989, BT-Drs. 11/5460, S. 7.
45 Zu Recht kritisch Schroeder, 1995: 535.
46 Taupitz, in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014: C. II. § 1 Abs. 1 Nr. 1 Rdnr. 7.
47 Zum Folgenden siehe Taupitz, in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014: B. III. Rdnr. 20.
48 BGH, NJW 2010, 2672, 2676 (Rdnr. 37 f.).
49 Taupitz, in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014: B. III. Rdnr. 20.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

5.3.4 Unzureichender Ausgleich der gegenläufigen Interessen/ Unverhältnismäßigkeit einer Freiheitsbeschränkung

Das Stammzellgesetz enthält das Verbot, embryonale Stammzellen einzuführen und zu verwenden, die vor einem bestimmten Stichtag (zunächst 01.01.2002, inzwischen 01.05.2007)[50] hergestellt worden sind. Damit soll vermieden werden, dass ausländische Embryonen „für deutsche Forschung" verbraucht werden. Jedoch verbietet bereits das Embryonenschutzgesetz in Verbindung mit den allgemeinen Normen des Internationalen Strafrechts (§ 9 Abs. 2 Satz 2 StGB) jeden von Deutschland aus erfolgenden kausalen Beitrag zum Embryonenverbrauch im Ausland. Über den Schutz, den bereits das Embryonenschutzgesetz für ausländische Embryonen bewirkt, reicht der Schutz des Stammzellgesetzes mit seiner Stichtagsregelung nur sehr geringfügig hinaus.[51] Es verhindert nicht den Embryonenverbrauch im Ausland; insbesondere verhindert es nicht, dass für die weltweit bestehende Nachfrage nach embryonalen Stammzellen Embryonen im Ausland verbraucht werden. Es beseitigt lediglich den Anreiz für ausländische Forscher, embryonale Stammzellen *in der Erwartung* herzustellen, sie später *gerade nach Deutschland* exportieren zu können. Es darf jedoch bezweifelt werden, ob ein solcher Anreiz realistischerweise überhaupt besteht. Da weltweit eine Nachfrage nach embryonalen Stammzellen besteht und da aus einer bestehenden Stammzelllinie beliebig viele embryonale Stammzellen gewonnen („abgezweigt") werden können (sodass auch durch die Verwendung von hES-Zellen keineswegs immer ein Embryo zerstört werden muss), ist kaum anzunehmen, dass ausländische Forscher (ohne eine nach dem Embryonenschutzgesetz strafbare „Bestellung" der Herstellung von embryonalen Stammzellen von Deutschland aus) solche Stammzellen gerade für Deutschland letztlich „auf Vorrat" herstellen. Damit ist ein kausaler Beitrag zum Embryonenverbrauch im Ausland gerade durch eine Nachfrage aus Deutschland äußerst unwahrscheinlich und folglich die *Erforderlichkeit* der Stichtagsregelung mehr als zweifelhaft. Anders formuliert: Das Stammzellgesetz schadet der Forschung mit embryonalen Stammzellen sehr, nützt aber im Hinblick auf den Schutz von ausländischen Embryonen praktisch nicht.

5.4 Die Forderung nach international einheitlichen Regelungen

Die *Internationalität der Lebenszusammenhänge*, insbesondere die Internationalität der Forschung, begründet die Forderung nach *international einheitlichen Regelungen*. Natio-

50 Gesetz vom 21. November 2011, BGBl. I, S. 2228.

51 Hierzu und zum Folgenden Taupitz, 2007b: 117.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

nale Regelungsunterschiede führen zur Abwanderung der Forschung in forschungsfreundliche Staaten, zum Druck auf die nationalen Gesetzgeber mit der Tendenz eines „race to the bottom" (wobei allerdings die staatliche Souveränität, die nationale Identität und die eigenen historischen Erfahrungen durchaus Rechts- und Moralunterschiede rechtfertigen) sowie zum Ruf nach Rechtsgleichheit, Rechtseinheit und Rechtssicherheit.

Detaillierte *internationale Regelwerke* unterliegen aber der *besonderen Gefahr, zur Versteinerung des Rechts* zu führen und damit den naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen *Wandel* der Lebenswissenschaften (insbesondere der Forschung) zu *verfehlen*.

I. Internationale (Forschungs-)Reglementierung durch völkerrechtliche Verträge ist häufig sehr *detailliert*. Zwei Beispiele mögen dies verdeutlichen:

   1. Das Zusatzprotokoll zur biomedizinischen Forschung[52] (Zusatzprotokoll zur Biomedizinkonvention des Europarates) listet in 20 Punkten detailliert auf, über welche Gesichtspunkte die Ethikkommission zu informieren ist.

   2. Die 38 Artikel der Biomedizinkonvention sind durch Zusatzprotokolle zum Klonen (1998, 8 Artikel), zur Organ- und Gewebetransplantation (2002, 34 Artikel), zur Forschung (2005, 40 Artikel), zu Gentests (2008, 28 Artikel) weiter konkretisiert worden. Es existiert zudem eine „Empfehlung" des Europarates zur Forschung mit menschlichem biologischem Material (2006, 26 Artikel; revidiert 2016, 24 Artikel). Insgesamt bestehen also allein auf der Ebene des Europarats bisher fast 200 Vorschriften zur Biomedizin!

II. Internationale (Forschungs-)Reglementierung durch völkerrechtliche Verträge ist häufig sehr *restriktiv*.
   Die Biomedizinkonvention zum Beispiel
   - erlaubt Forschung am einwilligungsfähigen (!) Menschen nur, wenn es keine Alternative von vergleichbarer Wirksamkeit gibt,
   - verlangt, dass jede (auch nicht interventionelle) Forschung am Menschen von einer zuständigen Stelle gebilligt worden sein muss,

52 Dazu Taupitz, 2002a.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- erlaubt die Entnahme von regenerierbarem Gewebe bei nicht Einwilligungsfähigen für Transplantationszwecke nur zugunsten des Bruders/der Schwester, nicht aber zugunsten der Eltern/Kinder,
- verbietet prädiktive genetische Tests für Versicherungszwecke selbst beim Abschluss exorbitant hoher Privatversicherungsverträge.

III. Internationale (Forschungs-)Reglementierung durch völkerrechtliche Verträge lässt *Vorbehalte*, die einem Vertragsstaat *abweichende Regelungen* ermöglichen, oft nicht „auf Vorrat" zu, sondern nur, wenn das bei Vertragsunterzeichnung geltende staatliche Recht entgegensteht. Dies gilt etwa nach Art. 36 der Biomedizinkonvention. Nach Unterzeichnung und Ratifikation der Biomedizinkonvention durch Deutschland

- kann deshalb das therapeutische Klonen in Deutschland nicht erlaubt werden, wenn man das Embryonenschutzgesetz mit der herrschenden Meinung dahingehend auslegt, dass es dies gegenwärtig verbietet,[53]
- kann gruppennützige Forschung mit Einwilligungsunfähigen, die mehr als ein minimales Risiko/eine minimale Belastung beinhaltet, nicht erlaubt werden, selbst wenn die Gruppe der von der gleichen Krankheit Betroffenen dadurch einen großen Nutzen hätte, etwa neue Therapiemöglichkeiten entwickelt werden könnten.

IV. Internationale (Forschungs-)Reglementierung durch völkerrechtliche Verträge ist gelegentlich *apodiktisch-kryptisch* und bei wörtlicher Auslegung *viel zu eng.*

Beispiele:
1. Art. 7 S. 2 des Internationalen Pakts über bürgerliche und politische Rechte von 1966 lautet übereinstimmend mit Art. 15 Abs. 1 S. 2 des Übereinkommens über die Rechte behinderter Menschen von 2006: „Insbesondere darf niemand ohne seine freiwillige Zustimmung medizinischen oder wissenschaftlichen Versuchen unterworfen werden."
Bedeutet das: Keine Forschung mit Einwilligungsunfähigen, selbst wenn sie mit Einwilligung des gesetzlichen Vertreters erfolgt und dem Betroffenen konkret *nützt*?

53 Günther, in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014: C. II. § 6 Rdnr. 7; Taupitz in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014: C. II. § 8 Rdnrn. 48 ff.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

2. Art. 21 Biomedizinkonvention und Art. 3 Abs. 2 EU-Grundrechtecharta legen fest, dass der menschliche Körper und seine Teile als solche nicht zur Erzielung eines finanziellen Gewinns verwendet werden dürfen. Daran knüpft sich eine Reihe von Fragen (Taupitz, 2007a: 3 ff.): Gilt das nur für noch nicht vom (lebenden?, toten?) Körper abgetrennte Körperteile? Dürfen also Haare vor/nach dem Abschneiden nicht verkauft werden? Gilt das auch für Körpersubstanzen, zum Beispiel Blut? Gilt das auch für verarbeitete Körperteile/-substanzen, zum Beispiel Arzneimittel? Warum gilt das alles nur „im Rahmen der Biologie und der Medizin"?

V. Internationale (Forschungs-)Reglementierung durch völkerrechtliche Verträge ist nur im *Konsens* aller Vertragsstaaten *abänderbar.* Dies führt leicht zu einer Versteinerung des Rechts.

VI. Internationale (Forschungs-)Reglementierung durch völkerrechtliche Verträge *verhindert* in seinem Anwendungsbereich den *Wettbewerb der nationalen Rechtsordnungen* und tendiert damit zu einer *weltweiten* Versteinerung des Rechts und angesichts der Tendenz zur „Ethisierung des Rechts" zu einem ewigkeitsfesten weltweiten Moralimperialismus!

VII. Deshalb ist es nicht per se zu missbilligen, wenn internationale (Forschungs-)Reglementierung durch völkerrechtliche Verträge häufig nur *Leerformeln* beinhaltet. Beispiele:
1. Art. 18 Biomedizinkonvention lautet: „Die Rechtsordnung hat einen angemessenen Schutz des Embryos zu gewährleisten, sofern sie Forschung an Embryonen in vitro zulässt". Was das bedeutet, bleibt völlig offen.

2. Weder in der Konvention noch in den Zusatzprotokollen sind das menschliche Lebewesen/der Embryo definiert. Zum Beispiel haben die Niederlande zum Klonprotokoll erklärt, dass sich das Verbot der Herstellung eines genom-identischen Lebewesens (also das Verbot des Klonens) für sie nur auf geborene Menschen erstrecke. Demgegenüber geht man in Deutschland davon aus, dass schon der Embryo ab der Befruchtung der Eizelle („Kernverschmelzung" – so der naturwissenschaftlich nicht korrekte Wortlaut von § 8 ESchG) beziehungsweise ab der Zellkernimplantation erfasst sei.[54]

54 Näher Taupitz, in: Günther/Taupitz/Kaiser, 2014, C: II. § 8 Rdnrn. 48 ff.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

5.5 Schlussfolgerung

Das „richtige Maß" an rechtlicher Regulierung der Lebenswissenschaften, insbesondere der Gentechnologie, und ihrer Anwendung muss *im demokratischen Prozess* jeweils *im Einzelfall erarbeitet* und beim Auftauchen neuer Gesichtspunkte *überdacht* werden – und zwar sowohl im Hinblick auf eine etwaige Anhebung des Schutzniveaus bei Erkenntnis neuer oder größerer Risiken[55] als auch im Hinblick auf eine etwaige Beseitigung von Beschränkungen, soweit nach dem neueren Stand von Wissenschaft und Technik früher angenommene Risiken als nicht mehr bestehend anzusehen sind.[56] Ein demokratischer Prozess verlangt, dass alle relevanten gesellschaftlichen/ideologischen/moralischen/religiösen Positionen und Kontroversen sowie Partikularinteressen in die *Überlegungen* einbezogen werden. Je stärker Grundwerte einer Gesellschaft betroffen sind, umso mehr muss der Diskurs auch außerhalb des Parlaments angestoßen und geführt werden – ohne dass der parlamentarische Gesetzgeber sich dadurch oder durch ein Verstecken hinter Expertenkommissionen, Ethikräten etc.[57] seiner Verantwortung entziehen darf.

Ein wesentlicher Freiheitsgehalt des demokratischen Verfassungsstaates liegt allerdings darin, dass das Recht nicht den jeweils *strengsten* Überzeugungen oder Grundsätzen folgt und sie in (gar strafbewehrte) Verbotsnormen des für alle geltenden Rechts umsetzt.[58] Im freiheitlichen Verfassungsstaat, einer der wesentlichen Errungenschaften der neuzeitlichen Zivilisation, sind Moral und Ethik, die im modernen pluralistischen Gemeinwesen immer nur in der Mehrzahl existieren, ebenso wie religiöse Vorstellungen und ideologische Positionen mit dem staatlichen Recht nicht identisch. Vielmehr markiert das Recht – einem prägnanten Wort von Jellinek zufolge – lediglich das „ethische Minimum". Es lässt im Übrigen jedem die Freiheit, seinen eigenen und über den staatlich garantierten Standard hinausreichenden Überzeugungen gemäß allein oder in Gemeinschaft Gleichgesinnter zu leben und seine Lebenspraxis entsprechend zu gestalten. So groß der Respekt vor denen auch sein mag, die für sich in Anspruch nehmen, über das staatlich garantierte Minimum hinaus zu gehen, so wenig können sie verlangen, dass ihre Prinzipien in Gestalt des für alle geltenden staatlichen Gesetzes festgeschrieben und so allgemein verbindlich gemacht werden. Zugleich sollte auch von ihnen erwartet werden, dass sie ihrerseits andere Prinzipien und Maximen

55 Zum Gebot des dynamischen Rechtsgüterschutzes, wonach der Gesetzgeber seine Regelungen den Wandlungen in der Gefährdungslage anpassen muss, siehe BVerfGE 49, 89, 136 f.; Schröder, 2003: 191; Murswiek, 1985: 181 ff.

56 Hailbronner, 1980: 228.

57 Dazu Taupitz, 2003b.

58 Zum Folgenden siehe Nationaler Ethikrat, 2003: 146 ff.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

respektieren. Daraus folgt insbesondere im freiheitlichen Rechtsstaat des Grundgesetzes: *In dubio pro libertate*.

5.6 Literatur

Bundesregierung (2016): Antwort auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Harald Ebner et al., BT-Drucksache 18/10301 vom 10.11.2016.

Caspar, J. (1999): Tierschutz im Recht der modernen Industriegesellschaft. Nomos, Baden-Baden.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (2006): Stammzellforschung. Möglichkeiten und Perspektiven in Deutschland. Unter: http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/2006/stammzellforschung_statement_winnacker_0611.pdf [21.12. 2017].

Deutscher Ethikrat (2011): Präimplantationsdiagnostik, Berlin.

Deutscher Ethikrat (2017): Keimbahneingriffe am menschlichen Embryo: Deutscher Ethikrat fordert globalen politischen Diskurs und internationale Regulierung, Berlin.

Eser, A./Koch, H.-G. (2003): Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen im In- und Ausland. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.): Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen. Unter: http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/2003/gutachten_eser_koch.pdf [21.12.2017].

Günther, H.-L./Taupitz, J./Kaiser, P. (Hrsg.) (2014): Embryonenschutzgesetz, 2. Auflage. Kohlhammer W., Stuttgart.

Hailbronner, K. (1980): Forschungsreglementierung und Grundgesetz. In: WissR 80(13): 212–236.

Höfling, W. (2002): Biomedizinische Auflösung der Grundrechte? In: Bitburger Gespräche Jahrbuch 2002/II. C.H. Beck, München: 99.

Karberg, S. (2017): Gesetz aus der Steinzeit. In: Der Tagesspiegel, Online-Publikation 02.06.2017. Unter: http://www.tagesspiegel.de/wissen/embryonenschutz-gesetz-aus-der-steinzeit/19877188.html [19.12.2017].

Müller-Götzmann, C. (2009): Artifizielle Reproduktion und gleichgeschlechtliche Elternschaft. Springer, Berlin.

Murswiek, D. (1985): Die staatliche Verantwortung für die Risiken der Technik. Duncker & Humblot, Berlin.

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (Hrsg.) (2017): Ein Fortpflanzungsmedizingesetz für Deutschland, Halle.

Nationaler Ethikrat (2002): Zum Import menschlicher embryonaler Stammzellen, Berlin.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Nationaler Ethikrat (2004): Klonen zu Fortpflanzungszwecken und Klonen zu biomedizinischen Forschungszwecken, Berlin.
Nationaler Ethikrat (2013): Genetische Diagnostik vor und während der Schwangerschaft, Berlin.

Schröder, R. (2003): Verfassungsrechtliche Rahmenbedingungen des Technikrates. In: Schulte, M. (Hrsg.): Handbuch des Technikrechts. Springer, Heidelberg: 185.
Schroeder, F.-C. (1995): Die Rechtsgüter des Embryonenschutzgesetzes. In: Kühne, H.-H. (Hrsg.), Festschrift für Koichi Miyazawa. Nomos, Baden-Baden: 535.
Simitis, S. (2008): Biowissenschaften und Biotechnologie. Perspektiven, Dilemmata und Grenzen einer notwendigen rechtlichen Regelung. In: JZ 08(11): 693–703.

Taupitz, J. (1991): Die Standesordnungen der freien Berufe. Geschichtliche Entwicklung, Funktionen, Stellung im Rechtssystem. De Gruyter, Berlin.
Taupitz, J. (2002a): Biomedizinische Forschung zwischen Freiheit und Verantwortung. Der Entwurf eines Zusatzprotokolls über biomedizinische Forschung zum Menschenrechtsübereinkommen zur Biomedizin des Europarates. Springer, Berlin.
Taupitz, J. (2002b): Der „ethische Export". In: Geiser, T. et al. (Hrsg.): Festschrift für Heinz Hausheer zum 65. Geburtstag. Stämpfli, Bern: 739.
Taupitz, J. (2003a): Der Schutz embryonaler Stammzellen durch das Stammzellgesetz. In: GenTechnik & Recht 03(1): 11–18.
Taupitz, J. (2003b): Ethikkommissionen in der Politik. Bleibt die Ethik auf der Strecke? In: JZ 03(17): 815–821.
Taupitz, J. (2006): Ethikkommissionen in Deutschland. Auf dem Weg zu zentralistischen Genehmigungsbehörden? In: Hucklenbroich, P. et al. (Hrsg.): Freiheit und Bindung der medizinischen Forschung. LIT, Berlin: 57.
Taupitz, J. (2007a): Das Verbot der Kommerzialisierung des menschlichen Körpers und seiner Teile: Lässt es sich rational begründen? In: Taupitz, J. (Hrsg.): Kommerzialisierung des menschlichen Körpers. Springer, Berlin: 3.
Taupitz, J. (2007b): Erfahrungen mit dem Stammzellgesetz. In: JZ 07(3): 113–122.
Taupitz, J./Schreiber, M. (2016): Biobanken – zwischen Forschungs- und Spenderinteressen. In: BGesBl 16(3): 304–310.

Wahl, R. (2007): Die Rolle des Verfassungsrechts angesichts von Dissens in der Gesellschaft und in der Rechtspolitik. In: Maio, G. (Hrsg.): Der Status des extrakorporalen Embryos. Frommann-Holzboog, Stuttgart: 551.
Weiß, W. (2005): EU-Verfassungsvertrag und Biotechnologie. In: MedR 05(8): 458–464.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Gen-ethisches Netzwerk

Spotlight 1: Die Vertrauenskrise der Wissenschaft

Es ist wieder die Zeit, in der Blaues vom Himmel versprochen wird. Die zweite Generation der Gentechnologie geistert durch die Medien. „CRISPR" lautet nur das geläufigste Zauberwort. Eine ganze Reihe neuer Methoden zur Manipulation der DNA sind in den letzten Jahren entwickelt worden: CRISPR, TALEN, Zinkfinger-Nukleasen. Als Genome-Editing werden sie zusammengefasst. Mit „Editieren" ist gewöhnlich die Bearbeitung von Texten gemeint. Die Bezeichnung „Genome-Editing" legt dementsprechend nahe, dass mit den neuen Gentechnik-Methoden die Manipulation der DNA nur noch eine Art Textarbeit ist. Buchstaben und Wörter werden beliebig gelöscht, ausgetauscht und arrangiert. Entsprechend hochfliegend sind die Spekulationen, mit welchen Fortschritten die technische Manipulation menschlichen Lebens die Menschheit beglücken werden. Beileibe nicht nur Medienleute, sondern auch Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen selbst sind vorn mit dabei, wenn es gilt, CRISPR & Co. hoch zu feiern. Die Botschaft dabei lautet: Wir haben es Euch ja immer gesagt, der Gentechnik gehört die Zukunft, vertraut uns!

Das Vertrauen aber in die Wissenschaft und ihre Versprechungen ist geschwunden. „Science, as it stands today, faces a crisis of public and political trust, combined with an inner erosion of standards of quality and integrity". So lautet unumwunden die Diagnose von nachdenklichen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen, die auf der Tagung „Post-normal science as a movement" in Barcelona über die Krise der Wissenschaft und ihre demokratischere Zukunft beraten; daran beteiligt das Rachel Carson Zentrum der Universität München und das Internationale Zentrum für Ethik in den Wissenschaften (IZEW) an der Universität Tübingen. In Erinnerung ist auch noch der „March for Science" im Jahr 2017. Hochrangige Vertreter und Vertreterinnen aus Wissenschaft und Politik folgten den Demoaufrufen. In seltener Eintracht konnte man Menschen unterschiedlicher Couleur beobachten, die gemeinsam gegen sogenannte alternative Fakten und das Schreckgespenst einer postfaktischen Ära auf die Straße

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

gingen. Es ging um die Verteidigung von Wissenschaftlichkeit als Idee und Wert und Wissenschaft als eine fundamentale Institution in unserer Demokratie.

Doch woher rührt der beklagte Vertrauensverlust? So viel steht fest: Der Riss sitzt tief. Denn viele derjenigen, die mit den Zielen des „March for Science" sympathisierten und sich im Schulterschluss mit der wissenschaftspolitischen Elite gegen einen neuen, irrationalistischen Partikularismus stellten, stehen selbst dem bestehenden Wissenschaftssystem durchaus kritisch gegenüber. Sie sehen die Wissenschaft nicht bloß von außen bedroht, sondern auch von innen. Der zu verzeichnende Vertrauensverlust in die Institution Wissenschaft (Weingart, 2005; Abels, 2006: 159; Wissenschaft im Dialog, 2014–2017) ist demnach zu einem guten Teil hausgemacht. Die Wissenschaft hat das Vertrauen der Bürger und Bürgerinnen selbst untergraben – und zwar seit Jahrzehnten.

Die Gentechnik ist dafür ein Beispiel, gehört sie doch zu den Bewährungsfeldern, auf dem Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen und ihre Repräsentanten und Repräsentantinnen in der Vergangenheit Vertrauen verspielt haben. In den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts ist die gezielte Manipulation der DNA erstmals möglich geworden. Vollmundig waren die Versprechen, die insbesondere die Einführung der sogenannten grünen Gentechnik oder besser: der Agro-Gentechnik begleiteten. Es ging um die großen Herausforderungen der Menschheit – Zunahme der Weltbevölkerung, Welternährung, Bodendegradation – und passgenaue Lösungen aus den gentechnischen Laboratorien (vgl. auch Potthoff, 2018).

Doch wer hat sich über diese Visionen und Absichtsbekundungen hinaus dieser weltbewegenden Probleme ernsthaft angenommen? Wenn es irgendjemanden gibt, dann müssen es die institutionellen Flaggschiffe öffentlich finanzierter, verantwortungsvoller Wissenschaft sein, möchte man meinen. Die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) etwa ist so eines. Sie genießt unter den Forschungsorganisationen hierzulande den höchsten Ruf wissenschaftlicher Integrität. Ein Ruf, mit dem sie sich schon schmückte, als die Gentechnik noch in ihren Kinderschuhen steckte und noch offen war, wo die Reise hingehen würde. Just zu diesem Zeitpunkt, Ende der 1970er Jahre, stand die pflanzenbiologische Forschung in der MPG vor einem Generationswechsel. Es bestand die Chance, ganz neue Wege zu beschreiten. So stand zum Vorschlag, ein Institut ganz neuer Art zu schaffen; ein Institut, das sich die Probleme der Welternährung auf die Fahnen schreiben sollte; ein Institut, das Pflanzenzüchtung, Landbau, soziopolitische Expertise und die begleitende Evaluierung von Anbauexperimenten in der Dritten Welt unter einem Dach hätte vereinen sollen. Ein wirklich innovatives Experiment wäre dies gewesen zu einer Zeit, als noch kaum jemand von Technikfolgenabschätzung und reflexiver Wissenschaft sprach.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Aus dem verantwortungsvollen Experiment wurde nichts, denn die MPG konnte den Verlockungen der Wissenschaftspolitik und der Chemieindustrie nicht widerstehen. Finanziert von Steuer- und Industrie-Geldern etablierte sie zusammen mit der Universität Köln Anfang der achtziger Jahre das erste sogenannte Gen-Zentrum der Bundesrepublik. Hauptzweck dieses Zentrums und anderer Gen-Zentren, die folgten, war der Technologietransfer. Die Gentechnik spielte fortan eine gewichtige Rolle in der nationalen Hightech-Strategie. Mit einem auf Hochtechnologien abzielenden Forschungs- und Entwicklungsplan wollte die Bundesregierung die bundesdeutsche Industrie fit machen für den globalisierten Markt. Vom tüchtig be- und geförderten Technologietransfer profitierten jedoch fast ausschließlich die großen Chemiekonzerne wie Bayer, Hoechst und die BASF. Von den hehren Zielen der Welternährung war zwar weiterhin viel die Rede, aber der privilegierte Zugang zu den Ergebnissen öffentlich finanzierter Forschung öffnete sich nicht dem Süden, sondern den industriellen Verwertern um die Ecke. Zugespitzt: Statt salzresistente Pflanzen zu züchten, befasste sich etwa das Kölner Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung mit so universellen Problemen wie verbesserten Kartoffelsorten für die Ansprüche der Kartoffelchipsindustrie.

Die erhellende Episode aus der Geschichte der Gentechnik kam jüngst auf einer Tagung zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft zur Sprache. Sie wirft ein bezeichnendes Licht auf die langwährende Auseinandersetzung um die Gentechnik und die angesprochene Vertrauenskrise der Wissenschaft. Die von Bürgern und Bürgerinnen ab den 1980er Jahren vorgebrachte Kritik zielte auf die Risiken der Gentechnik etwa durch den artübergreifenden Genaustausch, das Auskreuzen von Gentech-Pflanzen in die freie Wildbahn, neue Herbizidresistenzen, die Zunahme der Verwendung von Pestiziden und nicht zuletzt neue Abhängigkeiten der Bauern und Bäuerinnen von der Industrie weltweit. Zugleich ging es aber auch um die Grundlagen dieser Auseinandersetzung. Dazu zählt Vertrauen: Vertrauen in die Integrität unserer öffentlich finanzierten Wissenschaft. Zuletzt erhielt die Öffentlichkeit Einblick in die korrumpierte Kooperation von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen mit der Industrie über die sogenannten Monsanto-Papiere (Pigeon, 2018; Joeres, 2017). Bis hoch in die Wissenschaftsmagazine *Science* und *Nature* reicht die Kunde von industriell korrumpierter Pharmaforschung – über die kritische Studien so regelmäßig berichten, dass man sich nur wundern kann, warum nichts wirklich passiert, um solches Gebaren zu beenden (Schott et al., 2010a und b; McGauran et al., 2010; Nesi, 2008). Doch Betrug und Korruption in der Forschung beschreiben nur das extreme Ende nicht integrativer Forschung. Weniger extrem, aber nicht weniger schädlich, sind Verschleierung der eigentlichen Beweggründe und Ziele öffentlich finanzierter Wissenschaft und Forschung. Die von der Wissenschaft und der Wissenschaftspolitik produzierten genannten Legitimations-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

blasen zur Agro-Gentechnik sind hierfür ein Beispiel. Die Probleme der Welternährung und bei der Entwicklung einer nachhaltigen ländlichen Versorgung in den Ländern des Südens sind nicht kleiner geworden, höchstens überdeckt durch die unfaire Überschwemmung lokaler Märkte mit Agrarprodukten aus dem globalen Norden. Mit der Gentechnik wiederholten sich die Fehler aus der ersten und zweiten sogenannten Grünen Revolution (Harwood, 2012). Der wissenschaftlich-technische Fortschritt geht an den Bedürftigen weitgehend vorbei. Und wo Agro-Gentechnik-Projekte tatsächlich der Entwicklungshilfe dienen sollen, füllen sie die Kassen von Forschungseinrichtungen im globalen Norden (Grain, 2014; *The Guardian*, 2014).

Ein Grundübel liegt sicherlich in der im Namen nationaler Wettbewerbsfähigkeit seit den 1980er Jahren betriebenen Privatisierung und Kommerzialisierung öffentlicher Forschung. Ein im Auftrag von Bündnis90/Die Grünen im Bundestag veröffentlichter Bericht über die Lobbytätigkeiten der Chemie- und Landwirtschaftsindustrie im Bereich der Gentechnik zeichnet das intransparente Netzwerk zwischen grüner Gentechnikindustrie, Experten und Expertinnen in den Behörden, Biotechnologiefirmen und scheinbar neutralen Forschungsinstituten nach (Lorch/Then, 2008). Das erschütternde Ausmaß privatwirtschaftlicher Lobbytätigkeit auf EU-Ebene haben zuletzt die europäischen Nichtregierungsorganisationen LobbyControl und Corporate Europe Observatory im Zusammenhang der Verhandlungen um ein transatlantisches Freihandelslabkommen recherchiert (Corporate Europe Observatory, 2015). Das Versprechen wissenschaftlicher Universalität zerrinnt in solchen intransparenten, von marktwirtschaftlichen Partikularinteressen dominierten Strukturen.

Der Genetiker Benno Müller-Hill wusste um die Schwächen der Wissenschaft, ihre Selbstvergessenheit, Gedanken- und Verantwortungslosigkeit bis hin zur Skrupellosigkeit, zu der brennende wissenschaftliche Neugier leicht verleitet, als er schrieb: „Naturwissenschaft ohne Reflexion – ohne Blick zurück – ist blind. [...] Auf die Frage, ‚Wie kann man die Wiederkehr der Barbarei durch Wissenschaft verhindern?', sehe ich nur einen Weg: die immer neue Herstellung größtmöglicher nationaler und internationaler Öffentlichkeit. Aber das ist ein täglich neu zu errichtender und immer wieder verfallender Damm gegen das Meer der Barbarei" (*Die Zeit*, 1984). Dieses Fazit zog Müller-Hill am Ende seiner Auseinandersetzung mit dem extremen Versagen deutscher Wissenschaft in der Vergangenheit. Doch die Botschaft ist eine Allgemeine: Wissenschaft ist auf Öffentlichkeit und Transparenz angewiesen, will sie ihre eigenen Grundlagen nicht untergraben (Nosek, 2018). Eine der Bedingungen von Wissenschaft ist ihre unbedingte Transparenz, die selbst wieder die Voraussetzung von Wahlfreiheit, Entscheidungskompetenz und Demokratie ist. Es geht um die Glaubwürdigkeit öffentlich finanzierter Wissenschaft und Forschung. Es geht aber auch um unsere politische Kultur.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die persistierende Existenz von bürgernahen Vereinen wie dem Gen-ethischen Netzwerk e. V. (GeN) ist Symptom für ein verbreitetes, bereits langwährendes gesellschaftliches Unbehagen sowohl bezüglich der Technologien selbst als auch bezogen auf die wissenschaftliche Praxis. Ulrich Beck sprach schon 1986 davon, dass der wissenschaftlich-technologische Fortschrittskonsens früherer Zeiten brüchig geworden sei (Beck, 1986). Gemildert wird dies nicht gerade, wenn solche Stimmen im Kaleidoskop des *Gentechnologieberichts* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften nur am Rande erscheinen. Seit dem Jahr 1985 erscheint der vom GeN herausgegebene Gen-ethische Informationsdienst – nicht die erste und letzte wissenschaftskritische Zeitschrift. Diese Zeit des Bürgeraufbruchs, nicht zuletzt auch von kritischen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen getragen, könnte man fast als die Geburtsstunde alternativer Fakten bezeichnen. Denn Zweck solcher bürgernahen Vereine wie des GeNs war und ist eine alternative Informationsquelle zu den offiziellen Wissenschaftsinformationen. Nicht als eine Rückkehr zur partikularen Gefühlsgemeinschaft wie im heute grassierenden Populismus, sondern in Überzeugung der fundamentalen Rolle der Wissenschaft in einer demokratischen Gesellschaft als konkrete Kritik am bestehenden Wissenschaftsbetrieb. Will die Wissenschaft das verlorene Vertrauen zurückgewinnen, kommt sie um die Demokratisierung ihrer Strukturen nicht herum. CRISPR & Co. bieten die Gelegenheit, damit anzufangen.

Literatur

Abels, G. (2006): Politische Steuerung durch Partizipation – partizipativer Politikwechsel in der europäischen Biopolitik? In: Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.): Die Verfasstheit der Wissensgesellschaft. Münster: Westfälisches Dampfboot: 146-168.

Beck, U. (1986): Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Corporate Europe Observatory (2015): TTIP: A corporate lobbying paradise. 14.07.2014. Unter: https://corporateeurope.org/international-trade/2015/07/ttip-corporate-lobbying-paradise [10.03.2018].

Die Zeit (1984): Tödliche Wissenschaft. 13.07.1984. Unter: www.zeit.de/1984/29/toedliche-wissenschaft [18.02.2018].

Die Zeit (2017): Glyphosat: Hat Monsanto Wissenschaftler gekauft? 11.10.2017. Unter: www.zeit.de/wissen/umwelt/2017-10/glyphosat-monsanto-wissenschaftler-bestechung-eu-kommission/komplettansicht [10.03.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Grain (2014): How does the Gates Foundation spend ist money to feed the world? In: Against the Grain. 04.11.2014. Unter: https://www.grain.org/article/entries/5064-how-does-the-gates-foundation-spend-its-money-to-feed-the-world [10.03.2018].

Harwood, J. (2012): Europe's Green Revolution and others since. The rise and fall of peasant-friendly plant breeding. Routledge, London.

Lorch, A./Then, C. (2008): Agro-Gentechnik und die Rolle der Behörden. Unter: https://www.testbiotech.org/node/88 [10.03.2018].

McGauran, N. et al. (2010): Reporting bias in medical research. A narrative review. In: Trials 11(1). DOI: 10.1186/1745-6215-11-37.

Nesi, T. (2008): Poison pills. The untold story of the Vioxx drug scandal. New York: St. Martin's Press.

Nosek, B. (2018): Es gibt Gründe optimistisch zu sein. In: Gen-ethischer Informationsdienst 244: 11. Unter: https://www.gen-ethisches-netzwerk.de/wissenschaftskritik/es-gibt-grunde-optimistisch-zu-sein [10.03.2018].

Pigeon, M. (2018): Die Monsanto Papers und corporate science. In: Gen-ethischer Informationsdienst 244: 17–19.

Potthoff, C. (2018): Keine Revolution auf dem Acker. Über mit klassischer Gentechnik veränderte Pflanzen und ihre Eigenschaften. Unter: www.gen-ethisches-netzwerk.de/1808_bericht_klass_gentechnik [01.10.2018].

Schott, G. et al. (2010a): Finanzierung von Arzneimittelstudien durch pharmazeutische Unternehmen und die Folgen. Teil 1. In: Deutsches Ärzteblatt 107(16): 279–285.

Schott, G. et al. (2010b): Finanzierung von Arzneimittelstudien durch pharmazeutische Unternehmen und die Folgen. Teil 2. In: Deutsches Ärzteblatt 107(16): 295–301.

The Guardian (2014): Gates foundation spends bulk of agriculture grants in rich countries. 04.11.2014. Unter: www.theguardian.com/global-development/2014/nov/04/bill-melinda-gates-foundation-grants-usa-uk-africa [10.03.2018].

Weingart, P. (2005): Die Stunde der Wahrheit? Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und Medien in der Wissensgesellschaft. Weilerswist: Velbrück 2005.

Wissenschaft im Dialog (2014–2017): Wissenschaftsbarometer. Eine repräsentative Bevölkerungsumfrage zu Wissenschaft und Forschung. Unter: https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wissenschaftsbarometer/ [04.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Teil II: Die Debatte um die Gentechnologie

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Ortwin Renn

6. Gentechnik als Symbol: Zur Risikowahrnehmung der grünen Gentechnik

6.1 Einleitung

Diskussionen um Technik sind nur zum Teil technische Diskussionen. Zwar können Entscheidungen für oder gegen eine neue Technik als Ergebnis einer Kosten-Nutzenbeziehungsweise Risiko-Nutzen-Bewertung verstanden werden, was jetzt aber konkret als Kosten, Nutzen oder Risiko bewertet wird, hängt ganz wesentlich von Wertmaßstäben ab. Diskussionen um neue Technologien reflektieren daher auch unterschiedliche Wertvorstellungen, unterschiedliche Ziele, Präferenzen und Vorlieben sowie unterschiedliche Gesellschafts- und Naturbilder (Torgersen et al., 2002: 77 f.). Letztendlich geht es bei technikbezogenen Konflikten um die Frage, wie wir in Zukunft leben wollen und welche Rolle bestimmte Technikbereiche darin spielen.

Untersuchungen zu den Bewertungen, Hoffnungen und Befürchtungen der Menschen in Bezug auf gentechnische Anwendungen belegen, dass Einstellungen zur Gentechnik weniger durch die befürchteten Risiken oder die erhofften Chancen beeinflusst werden als durch einen grundsätzlichen Misstrauensvorbehalt gegenüber den Versprechungen der Moderne und die Sorge um eine auf Effizienz reduzierte Wirtschaftsmoral (Kantar Emnid, 2017). Nicht zuletzt ist es die Infragestellung der grundsätzlichen Notwendigkeit, die genetisch kodierten Informationen gezielt zu verändern, die wie kaum ein anderes Thema positive und negative Emotionen weckt und die jede Debatte um Gentechnik zwangsläufig zu einer Auseinandersetzung mit moralischen Vorstellungen über Gesellschaft und Moderne werden lässt. Im Vordergrund der Kritik steht dabei die Frage, ob eine weitere Funktionalisierung von Pflanzen und Tieren, eine weitere Industrialisierung der Landwirtschaft und eine Globalisierung der Nahrungsmittelversorgung wünschenswert ist (Thiel, 2014: 13). Die erstaunlich hohen Vorbehalte gegenüber gentechnisch veränderten Lebensmitteln reflektieren nicht nur das Misstrauen gegen die großtechnische Lebensmittelproduktion, sondern auch gegen eine technisch

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

dominierte Entwicklung der Nahrungsmittelproduktion und „-veredelung“, die vielen Menschen suspekt ist.

Somit ist es kein Wunder, dass die Gentechnik, ähnlich wie die Kernenergie, zur Stellvertreterin für das Unbehagen an der Entwicklung zur Modernisierung avanciert ist. War es bei der Kernenergie die Spaltung der kleinsten zusammenhängenden Einheit, die Assoziationen zur Hybris des Menschen, sich über die Natur zu erheben, hervorgerufen hat, so ist es bei der Gentechnik der bewusste Eingriff in die Baupläne des Lebens, die Assoziationen mit dem Homunkulus und mit einer reinen Zweckorientierung des Lebens für menschliche Bedürfnisse weckt. Umso wichtiger ist es angesichts dieser symbolischen Wahrnehmungen der Gentechnik, sich mit neuen Formen der gesellschaftlichen Debatte um Biotechnik und Gentechnik auseinanderzusetzen.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit den Einstellungen und Reaktionen der deutschen Bevölkerung in Bezug auf den Einsatz der Gentechnik in Landwirtschaft und Nahrungsmittelversorgung (grüne Gentechnik). Nach einem Überblick über die Ergebnisse der Einstellungsforschung erfolgt ein Plädoyer für einen umfassenden und wertbezogenen Diskurs in der Gesellschaft.

6.2 Einstellungen zur grünen Gentechnik

Wenn es um die grüne Gentechnik geht, zeigen nahezu alle Umfragen der letzten beiden Jahrzehnte eine klare und eindeutige Tendenz: Mehr als zwei Drittel der bundesdeutschen Bevölkerung spricht sich gegen den Einsatz gentechnischer Methoden in der Landwirtschaft und bei der Nahrungsmittelversorgung aus.[1] Die Zahlen schwanken zwar ein wenig von Jahr zu Jahr, dennoch ist eine deutliche Mehrheit der Bevölkerung skeptisch gegenüber der grünen Gentechnik. Dazu einige Umfrageergebnisse aus der jüngsten Zeit:

Knapp über 1.000 Verbrauchern und Verbraucherinnen stellte TNS Emnid im Juni 2015 im Auftrag des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) die Frage: „Inwieweit sind Sie persönlich über die folgenden Themen zur Lebensmittelsicherheit beunruhigt oder nicht beunruhigt?“ Vor allem Antibiotikaresistenzen (für 72 % beunruhigend), Chemikalien (69 %), gentechnisch veränderte Lebensmittel (67 %) und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (65 %) stießen auf Skepsis. Gegenüber dem Vorjahr wurden so-

1 Für einen Überblick über die Umfragen der letzten Jahre siehe unter: https://www.keine-gentechnik.de/dossiers/meinungsumfragen/ [08.02.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

gar von 13,5 % mehr Befragten negative Einstellungen gegenüber Gentechnik-Lebensmitteln geäußert.[2] Tabelle 1 fasst die Ergebnisse dieser Umfrage zusammen:

Tabelle 1: Beunruhigung über Themen zur Lebensmittelsicherheit

	2015	2014
Antibiotikaresistenz	72	64
Chemikalien in Lebensmitteln	69	62
Gentechnisch veränderte Lebensmittel	67	59
Lebensmittelvergiftung durch Bakterien	58	52
Nanotechnologie in Lebensmitteln	46	58
Lebensmittelhygiene Zuhause	14	16

Ein ähnliches Ergebnis erzielte eine Naturbewusstseinsstudie aus dem Jahre 2016. Das Umweltbundesministerium und das Bundesamt für Naturschutz hatten diese repräsentative Untersuchung von 20.150 Befragten in Auftrag gegeben.[3] Hier die wichtigsten Ergebnisse (siehe auch Tab. 2):

- Die Bürgerinnen und Bürger in Deutschland sind zu 79 % der Meinung, dass Nutztiere nicht mit gentechnisch veränderten Pflanzen gefüttert werden sollten.
- 67 % widersprechen der Aussage, es sei gut, wenn durch „gentechnische Verfahren in der Landwirtschaft die Lebensmittelpreise sinken".
- 45 % glauben, dass der Anbau von Gentechnik-Pflanzen der Natur und der biologischen Vielfalt „stark" schaden, weitere 31 % meinen, dies schade zumindest „etwas".
- 62 % glauben nicht, dass die Agro-Gentechnik „ein wichtiger Baustein bei der Bekämpfung des Welthungers ist".
- 45 % stimmen der Aussage „überhaupt nicht zu", sie hätten „kein Problem damit, gentechnisch veränderte Lebensmittel zu essen"; weitere 28 Prozent sind „eher" skeptisch. Nur 7 % wären dazu „voll und ganz" bereit.[4]

2 Siehe unter: http://www.bfr.bund.de/cm/350/bfr-verbrauchermonitor-2015.pdf und http://www.keine-gentechnik.de/dossiers/meinungsumfragen/ [08.09.2017].

3 Siehe unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/naturbewusstseinsstudie_2015_infopapier_bf.pdf [08.09.2017].

4 Siehe unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/naturbewusstseinsstudie_2015_infopapier_bf.pdf [08.09.2017].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Tabelle 2: Zustimmung zu Aussagen über Gentechnik (2016)

Ich lehne es ab, dass viele unserer Nutztiere mit gentechnisch veränderter Nahrung gefüttert werden.	
Stimme stark zu: 53 %	Stimme eher zu: 26 %
Ich finde, der Mensch hat kein Recht, Pflanzen und Tiere gezielt gentechnisch zu verändern.	
Stimme stark zu: 48 %	Stimme eher zu: 27 %
Ich bin der Meinung, dass Gentechnik in der Landwirtschaft ein wichtiger Baustein bei der Bekämpfung des Welthungers ist.	
Stimme stark zu: 9 %	Stimme eher zu: 24 %
Ich habe kein Problem damit, gentechnisch veränderte Lebensmittel zu essen.	
Stimme stark zu: 7 %	Stimme eher zu: 18 %

Ein Blick auf die europäischen Nachbarländer zeigt eine große Spreizung im Einstellungsspektrum. Die Zustimmung schwankte 2010 zwischen 10 % in Griechenland und 44 % in Großbritannien. Insgesamt sieht man aber auch im europäischen Vergleich, dass die Mehrheit der Europäerinnen und Europäer die Gentechnik nicht unterstützt. Dabei ist Deutschland keineswegs das Land mit den meisten Skeptikern und Skeptikerinnen. Die Bevölkerung der Schweiz, Luxemburgs, Österreichs und Griechenlands übertrifft die Deutschen sogar noch in ihrer Skepsis gegenüber der grünen Gentechnik (siehe Tab. 3). Wie man auch erkennen kann, ist diese skeptische Haltung in vielen Ländern seit Mitte der 1990er Jahre relativ stabil. Interessant ist auch, dass in den Ländern, in denen gentechnische Produkte auf dem Lebensmittelmarkt angeboten werden, die Skepsis vergleichsweise geringer ist als in den Ländern, in denen solche Produkte nicht erlaubt sind oder schlichtweg nicht angeboten werden.

Tabelle 3: Anteil der Bevölkerung, die gentechnisch veränderte Lebensmittel unterstützt

	1996	1999	2002	2005	2010
Länder, in denen genmodifizierte Pflanzen angebaut werden:					
Portugal	63	47	56	56	37
Spain	66	58	61	53	35
United Kingdom	52	37	46	35	44
Ireland	57	45	57	43	37
Denmark	33	33	35	31	32
Netherlands	59	53	52	27	30
Norway	37	30			30
Finland	65	57	56	38	30

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

	1996	1999	2002	2005	2010
Belgium	57	40	39	28	28
Sweden	35	33	41	24	28
Italy	51	42	35	42	24
Switzerland	34				20
Länder mit Anbauverbot:					
Austria	22	26	33	24	23
Germany	47	42	40	22	22
Luxemburg	44	29	26	16	19
France	43	28	28	23	16
Greece	49	21	26	14	10

Quelle: Acatech, 2012: 23.

6.3 Gründe für die ablehnende Haltung

Manuel Thiel hat 2013 in einer Metaanalyse die Umfrageergebnisse der wichtigsten Studien in Deutschland und Europa verglichen und vor allem die Gründe für die starke Ablehnung der grünen Gentechnik zusammengefasst (Thiel, 2014). Die Ergebnisse decken sich weitgehend mit früheren Studien von Weitze et al. (2012); Hampel et al. (1998), Hampel und Renn (2001) und Acatech (2012).

Die meisten Menschen lehnen die grüne Gentechnik weniger aus konkreten gesundheitlichen Bedenken, sondern aus einem Unbehagen an der Veränderung der als natürlich empfundenen Produktionsprozesse in der Landwirtschaft ab. Dieses Unbehagen äußert sich auch in negativen Einstellungen zu künstlicher Düngung, der Bekämpfung von Schädlingen durch Pflanzenschutzmittel oder dem Einsatz von Herbiziden.[5] Gentechnisch veränderte Pflanzen, die versprechen, resistent gegen Herbizide zu sein, verstoßen in diesem Sinne in zweifacher Weise gegen die Vorstellung einer natürlichen Landwirtschaft. Sie verändern „künstlich" den genetischen Bauplan der entsprechenden Pflanze, und dies nur, um ein intuitiv abgelehntes Ziel der Bekämpfung des Unkrauts durch Herbizide effizienter erreichen zu können. Gleichzeitig werden auch die Risiken der Gentechnik häufig als Grund für die Ablehnung genannt: Dabei geht es aber mehr um Langfristrisiken und Unsicherheit über mögliche, noch nicht entdeckte Folgen und weniger um konkrete Befürchtungen, die eigene Gesundheit sei negativ betroffen (Hampel et al., 2000).

5 Siehe unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/naturbewusstseinsstudie_2015_infopapier_bf.pdf [08.09.2017].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Neben dem Unbehagen an der Künstlichkeit der Nahrungsmittelproduktion spielt auch der für die Verbraucher/-innen kaum wahrnehmbare Nutzen der Gentechnik eine wichtige Rolle (Hampel/Pfenning, 1999). Da die Lebensmittelpreise in Deutschland ohnehin im Vergleich sehr niedrig sind und auch nur einen kleinen Teil des individuellen Einkommens beanspruchen, sind kleinere Preisvorteile nur für die unteren Einkommensschichten in Deutschland ein Argument für den Einsatz der Gentechnik. Von daher bleiben auch mehr als zwei Drittel der deutschen Bevölkerung bei ihrer negativen Grundhaltung, wenn in den Umfragen ein Preisnachlass in der Befragung vorgegeben wird.[6] Da in der Regel bei den meisten gentechnischen Anwendungen die Qualität der Lebensmittel gar nicht oder nur indirekt verbessert wird, besteht für die Konsumentinnen und Konsumenten auch kein Anreiz, auf gentechnisch veränderte Lebensmittel zurückzugreifen. Folglich finden sie auch in Deutschland keine Akzeptanz.

Die Einstellung zur grünen Gentechnik ist auch von einigen Variablen beeinflusst, die nicht direkt die jeweiligen Ausprägungen der Einstellungen bestimmen, sondern indirekt die Kausalfaktoren beeinflussen, die direkt mit Einstellungen korrelieren (sog. Moderatoren) (Peters et al., 2007). Je größer das Vertrauen in Expertinnen und Experten zur Gentechnik ist, desto eher wirken die Argumente aus der Wissenschaft als Belege für eine positive Haltung. Vor allem Studien in den USA zeigen, dass Vertrauen in Wissenschaft und Technik die Variablen positiv beeinflusst, die wiederum auf Einstellungen zur Gentechnik einwirken. Diese Korrelation gilt auch für Deutschland, aber sie ist weit weniger ausgeprägt. Im Vergleich zu Expertinnen und Experten aus anderen Technikbereichen ist das Vertrauen zu den Gentechnikspezialisten und -spezialistinnen besonders gering in Deutschland.[7] Mehr als 50 % der 2015 befragten Bürger/-innen haben großes oder etwas Misstrauen gegen die Fachwissenschaftler/-innen. Hier zeigt sich deutlich, dass Vertrauen und Skepsis durchaus zusammengehören, es bleibt aber unklar, ob die generelle Skepsis den Vertrauensverlust auslöst oder aber, ob es zunächst zu einem Vertrauensverlust gekommen ist, der sich dann in einer skeptischen Haltung niederschlägt.

Je mehr Menschen über den Zustand der Natur besorgt sind und Umweltschutz als vorrangiges Ziel staatlicher Regulierung ansehen, desto eher neigen sie dazu, grüne Gentechnik abzulehnen (Peters et al., 2007). Diese Verbindung zwischen der Einstellung zur Natur und der Einstellung zur Gentechnik findet sich in fast allen Ländern, in

6 Siehe unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/naturbewusstseinsstudie_2015_infopapier_bf.pdf [08.09.2017].

7 65 % misstrauen „sehr" oder „eher" den Expertinnen oder Experten der Gentechnik. Siehe unter: https://www.wissenschaft-im-dialog.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Wissenschaftsbarometer/Dokumente_16/Wissenschaftsbarometer2016_web.pdf [08.09.2017].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

denen diese Fragestellung in Umfragen aufgenommen wurde. In den Ländern, in denen die Natur eher als ökonomische Ressourcenbasis wahrgenommen wird, wird auch Gentechnik wesentlich positiver beurteilt als in den Ländern, in denen der Natur- und Umweltschutz hohe Priorität genießt.

In einem größeren Kontext lässt sich die Ablehnung der Gentechnik in eine Grundhaltung der Verunsicherung gegenüber der Technisierung, Digitalisierung und Globalisierung im Weltmaßstab einordnen (Thiel, 2014: 134 ff.). Die mit diesen Trends verbundenen Veränderungen werden häufig als bedrohlich und als unnatürlich empfunden. Gentechnische Veränderungen erscheinen als Fremdkörper in einer vertrauten Welt, die mit Landwirtschaft und Nahrungsmitteln mental verbunden wird. Gentechnik wirkt dann wie ein Eindringling in die eigene Lebenswelt, deren Grundfeste erschüttert sind, und der den Alltag an vertrauten Routinen bedroht. Eine Untersuchung mit Fokusgruppen in sechs Ländern der EU, an der ich als Autor beteiligt war, hat diesen Zusammenhang bestätigt (Hampel et al., 2000). Aus den Auswertungen der Fokusgruppen, in denen offen die Ängste, Befürchtungen, aber auch Hoffnungen und Visionen der Teilnehmer/-innen angesprochen wurden, schälte sich eine Erkenntnis klar heraus: Je mehr Menschen die gentechnischen Veränderungen als ein Zeichen einer anonymen Bedrohung ihrer selbstbestimmten Lebenswelt erleben, desto skeptischer, ja geradezu feindseliger, betrachten sie den Vormarsch der Gentechnik in den Nahrungsbereich. Die Feindseligkeit drückte sich zum Beispiel in dem Wunsch aus, gentechnische Lebensmittel ganz zu verbieten. Die Angst, über die Effizienz von Zweckerfüllung Autonomie über die eigene Lebenswelt zu verlieren, äußert sich in der bewussten Abkehr von industriellen Fertigungsweisen und durchgestyltem Convenience-Food.

Die Gentechnik ist in der Wahrnehmung der Bevölkerung die Speerspitze einer hochtechnisierten, hochchemisierten Landwirtschaft, mit der „Turbokühe", „Hormonkälber" und „BSE-Rinder" assoziativ verbunden werden und bei der einseitige ökonomische Verwertungsinteressen als gegen die Interessen der Konsumenten und Konsumentinnen sowie der Umwelt stehend wahrgenommen werden. Das mag alles nichts mit Gentechnik im wissenschaftlich-technischen Sinne zu tun haben, aber in dieser argumentativen „Ecke" steckt die Gentechnik. Die Forderung nach einem Verbot aller gentechnisch veränderten Lebensmittel reflektiert das Misstrauen in die großtechnische Lebensmittelproduktion.

Auch im Rahmen sozialer Bewegungen ist inzwischen die Gentechnik als Mobilisierungsgrund fest verankert. So schreibt sich Greenpeace auf die Fahnen, dass sie ab 2016 die Fast-Food-Kette McDonalds dazu veranlassen konnte, „Gen-Futter" aus der

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Produktion der Chicken-Nuggets und Chickenburger zu verbannen.[8] Gegen Gentechnik und die „Kolonisierung der Lebenswelt" setzen die modernen Protestbewegungen die Notwendigkeit der Besinnung und des zumindest zeitweisen Aussteigens. Die Angst, über die Effizienz von Zweckerfüllung den Sinn des Lebens aus den Augen zu verlieren, äußert sich in der bewussten Abkehr von industriellen Fertigungsweisen und zweckrationalem Verwaltungshandeln. Innerhalb dieses Kräfteverhältnisses von Modernisierung und ihren Gegenbewegungen gewinnt die Gentechnologie besonderes Gewicht als Symbol. Die Debatte um Risiken und Probleme der Gentechnik verschleiert häufig, dass die Einstellungen zur Gentechnik weniger durch die befürchteten Risiken oder die erhofften Chancen beeinflusst werden als durch die grundlegende Fragestellung, ob ein weiteres Voranschreiten in Richtung Effizienz, Naturverwertung und Funktionalität wünschenswert sei (Renn/Hampel, 2001).

Damit steht die grüne Gentechnik wie ein Sündenbock für eine von vielen als bedrohlich empfundene Modernisierungswelle unserer Gesellschaft. Sie ist zu einem Symbol für den empfundenen Verlust von Natürlichkeit und Vertrautheit geworden. Aus diesem Grunde ist es auch außerordentlich schwierig und meist wenig aussichtsreich, die Debatte um Gentechnik auf ihre instrumentellen Vor- und Nachteile zu lenken. Gerade wenn es sich um grundlegende Haltungen zu Transformationen und Umbrüchen in unserer Gesellschaft handelt, muss die Debatte um Gentechnik in diesen größeren Kontext eingeordnet werden.

6.4 Umgang mit der Gentechnikdebatte

Um die Chancen der Gentechnik nutzen, die Risiken effektiv begrenzen und einen verantwortbaren Umgang mit dieser neuen Querschnittstechnologie ermöglichen zu können, muss der gesellschaftliche Diskurs über die Nutzung der Gentechnik für Landwirtschaft und Ernährung verstärkt und zu einer wertbezogenen und nicht nur folgenbezogenen Debatte ausgebaut werden. Zwar gibt es bereits eine große Anzahl von Stellungnahmen aus vielen Quellen (etwa Acatech, 2012; Leopoldina, 2015; Kirchen oder Ministerien),[9] aber es fehlt eine bilanzierende, auf nachvollziehbare Kriterien bezogene Abwägung der Ziele und Mittel, die insgesamt den Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft betreffen. Eine solche abwägende Bilanz müsste unter anderem folgende Kriterien mit einbinden:

8 Siehe unter: https://www.greenpeace.de/themen/landwirtschaft/gentechnik/gentechnik-verbannt [08.09.2017].

9 Siehe etwa Arbeitskreis evangelischer Unternehmer in Deutschland, 2000; Schäfer, 2009.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- Auswirkungen auf das Recht auf Grundversorgung mit Nahrung und Primärgütern
- Umweltverträglichkeit der konventionellen und transgenen Nutzpflanzen
- Wirtschaftlichkeit
- Auswirkungen auf soziale Gerechtigkeit und Armutsbekämpfung
- Auswirkungen auf Menschenrechte (v. a. Selbstbestimmung und Menschenwürde)
- Langzeiteffekte auf Gesundheit, Umwelt und Entwicklung
- Möglichkeit der Koexistenz von konventionellen und transgenen Nutzpflanzen

Erforderlich ist ein umfassender und fairer Abwägungsdiskurs. Die von Habermas diagnostizierte Kluft zwischen technisch-rationaler Expertenwelt und kommunikativer Lebenswelt, zwischen ökonomischer Verwertung und symbolischer Überhöhung verlangt nach neuen Formen der Kommunikation, die eine Verständigung über die verschiedenen Lager hinweg ermöglicht, ohne dass es dabei zu einer Einigung kommen muss (Benighaus/Renn, 2009: 65–92). Notwendig ist daher eine Form der Auseinandersetzung, in der gemeinsame Anstrengungen unternommen werden, die konsensualen und dissenten Bewertungen gentechnischer Anwendungen zu identifizieren und eine Verständigung über die verbleibenden Dissense herbeizuführen. Dies ist aber ohne eine diskursive Aufbereitung der Gentechnikdebatte nicht möglich.

Dabei dürfte es die wichtigste Aufgabe sein, ein Abdriften in Fundamentalismus und Sprachlosigkeit zu vermeiden. Das gilt übrigens für beide Seiten. Weder ein wagemutiges „Jetzt erst recht" noch ein ängstliches „Bloß nicht weiter" können den Anspruch einer Leitorientierung für die künftige Entwicklung in der Gentechnik wie auch der synthetischen Biologie erfüllen. Stattdessen sollten die Verantwortlichen in Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft auf offene Diskurse setzen, in denen aus der Kenntnis der moralischen Grenzen und der Wahrnehmung von möglichen Chancen Kreativität frei werden kann. Sowohl die produktive Angst vor dem Ungewissen und die damit verbundene Anerkennung von Grenzen der Gestaltungsmöglichkeiten auf der einen wie auch die handlungsleitende Kraft von positiven Zukunftsbildern und die Entwicklung der dazu notwendigen technischen und organisatorischen Mittel auf der anderen Seite schaffen die Voraussetzung dafür, dass sich der künftige Umgang mit den gentechnischen Möglichkeiten mit Auswirkungen auf die menschliche Lebenswelt an der richtigen Balance zwischen „Geschehen-Lassen" und „Geschehen-Machen" orientieren kann.

Die Forderung nach einer diskursiven Bearbeitung der biotechnischen Chancen und Risiken ist daher nicht nur ein Anliegen zur rationalen Bewältigung der heutigen Gentechnikdebatte, sondern auch ein Instrument zur Gestaltung einer lebendigen und dynamischen politischen Kultur. Dazu bemerkt der Risikoexperte Prof. Matthias Haller:

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

„Bei der jüngsten Schlüsseltechnologie, der Biotechnologie, stehen [...] die Chancen nicht schlecht, dass von allem Anfang an die nicht technischen Faktoren mit ins Blickfeld rücken und alle Beteiligten verpflichtet sind, den Risiko-Dialog in die Gesamtbetrachtung einzuschließen und so nach Wegen zu suchen, die positiven Faktoren zu nutzen, ohne damit negative Zustände zu schaffen, die gesellschaftlich unerwünscht sind. Dass es sich hier um ein besonders schwieriges Gebiet handelt, weil die Wertebene den Ausschlag gibt, dürfte von niemanden bestritten werden; dass es sich lohnt, den Risiko-Dialog systemisch und systematisch durchzuführen, wohl auch nicht." (Haller, 1999)

Benötigt wird also ein kontinuierlicher und verständigungsorientierter Dialog mit allen Parteien, die direkt oder indirekt mit dieser Thematik befasst sind. In diesem Dialog kann es nicht darum gehen, die eine oder andere Seite zu überreden, sondern bei den Teilnehmern und Teilnehmerinnen die sachliche Grundlage für die faktengetreue Einschätzung der Chancen und Risiken sowie die Sicherheit eines ethisch fundierten Urteilvermögens zu schärfen. Erst das faktische Wissen um die Möglichkeiten der Gentechnik und die ethische Reflexionsfähigkeit über die Wünschbarkeit der Folgen können in der Debatte um Gentechnik dazu beitragen, dass Menschen sich über ihre eigenen Werte und Zukunftsvorstellungen bewusst werden und sich die Politik auf fundierte und ausgewogene Meinungsbildung stützen kann.

6.5 Schluss

Umfrageergebnisse zeigen deutlich, dass gentechnische Anwendungen dann am ehesten akzeptiert werden, wenn sie mit Zielen verbunden sind, die von der Bevölkerung als wünschenswert oder sozial nutzbringend angesehen werden (Midden et al., 2002). Dies ist zum Beispiel bei medizinischen und pharmazeutischen Anwendungen der Fall, wo Gentechnik zur Erreichung des universellen Ziels „Gesundheit" eingesetzt wird. Diese Einschätzung unterscheidet sich von der Einschätzung der überwiegenden Anzahl der Gentechnikexperten und -expertinnen, die eine Entscheidung über die Akzeptabilität eher aufgrund der Klärung der verbleibenden Risiken treffen wollen. Da die grüne Gentechnik nach überwiegender Expertenmeinung die geringsten Risiken mit sich führt, ist dort in besonderem Maße Akzeptabilität hergestellt, aber keine Akzeptanz. Denn der weitaus größte Teil der Bevölkerung lehnt weiterhin Anwendungen der Gentechnik in der Agrarproduktion (mit Ausnahme der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe) ab.

Allerdings ist die grüne Gentechnik durch die jüngsten Entwicklungen um die CRISPR/Cas-Methode im öffentlichen Diskurs in den Hintergrund getreten, doch wie alle Umfragen verdeutlichen, hat dies wenig an der generellen Skepsis gegenüber gentechnisch veränderten Lebensmitteln geändert. Die Atempause in dieser Frage könnte

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

als eine Chance genutzt werden. Jetzt ist die Zeit für eine die Anliegen der Menschen aufnehmende diskursive Auseinandersetzung mit dem Thema. Denn das, was Menschen beklagen, ist in der Tat eine nicht nur eingebildete Gefahr einer Gesellschaft, die über die Notwendigkeit der Modernisierung ihre Seele verlieren kann. Natürlich ist die Gentechnik dabei nur die Projektionsfläche für den Sündenbock „Modernisierung", an dem sich das Unbehagen artikuliert. Sündenböcke sind aber, um im Bild zu bleiben, selten reine Unschuldslämmer. Sie verkörpern nur mehr, als sie für sich allein genommen an Kritikwürdigem umfassen. Umso wichtiger ist es deshalb, im Dialog mit den betroffenen Menschen Möglichkeiten einer sozialverträglichen und vor allem kulturverträglichen Debatte der wahrgenommenen Chancen, Risiken und Bedenken zu eröffnen und Räume aufzuzeigen, in denen kulturelle Gewohnheiten und lebensweltliche Formen der Aneignung von Autonomie gelebt werden können. Es geht hier nicht nur um eine Frage technischer oder wirtschaftlicher Optimierung, sondern vielmehr um die Frage nach der Gestaltung künftiger Lebensbedingungen in einer globalisierten Gesellschaft.

6.6 Literatur

Acatech (Hrsg.) (2012): Perspektiven der Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Randbedingungen, Formate. Acatech Position. Springer, München.

AEU (2000) = Arbeitskreis evangelischer Unternehmer in Deutschland: Grüne Gentechnik. Vom ritualisierten Streit zum sachorientierten Diskurs. Zweite Auflage. Herbert Utz Verlag Wissenschaft, Frankfurt am Main.

Benighaus, C./Renn, O. (2009): Das Mediationsverfahren zur Anwendung in der grünen Gentechnik. In: Göpfert, J./Moos, T. (Hrsg.): Konfliktfelder beackern. Dialog- und Partizipationsverfahren bei fundamentalen Technikkonflikten am Beispiel der Grünen Gentechnik. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden: 65–92.

BMUB (2016) = Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Informationen zur Naturbewusstseinsstudie. Unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/naturbewusstseinsstudie_2015_infopapier_bf.pdf [08.09.2017].

Haller, M. (1999): Erübrigt sich angesichts der Globalisierung der Risiko Dialog? In: Gomez, G. (Hrsg.): Entwicklungsperspektiven einer integrierten Managementlehre. Paul Haupt Verlag, Bern: 73–117.

Hampel, J. et al. (1998): Germany. In: Durant, J. et al. (Hrsg.): Biotechnology in the Public Sphere. A European Sourcebook. Science Museum London.

Hampel, J. et al. (2000): Beyond „Red" Hope and „Green" Distrust. Public Perception of Genetic Engineering in Germany. In: Politeia, 16(60): 68–82.

Hampel, J./Pfenning, U. (2001): Einstellungen zu Gentechnik. In: Hampel, J./Renn, O. (Hrsg.): Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Campus, Frankfurt am Main: 28–55.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Hampel, J./Renn, O. (2001): Gentechnik in der Öffentlichkeit. Campus, Frankfurt am Main.

Kantar Emnid (2017): Das Image der deutschen Landwirtschaft. Ergebnisbericht. März 2017. Information.Medien.Agrar e.V. Bielefeld. Unter: http://media.repro-mayr.de/79/668279.pdf [09.08.2018]

Leopoldina (2015): Stellungnahme zur Grünen Gentechnik. Unter: https://www.leopoldina.org/de/publikationen/detailansicht/publication/stellungnahme-zur-gruenen-gentechnik-2015/ [08.09.2017].

Midden, C. et al. (2002): The Structure of Public Perception. In: Bauer, M. W/Gaskell, G. (Hrsg.): Biotechnology. The Making of a Global Controversy. Cambridge University Press, Cambridge: 203–223.

Peters, H. P. et al. (2007): Culture and Technological Innovation. Impact of Institutional Trust and Appreciation of Nature on Attitudes towards Food Biotechnology in the USA and Germany. In: International Journal of Public Opinion Research 19(2): 191–220.

Renn, O./Hampel, J. (2001): Gentechnik, öffentliche Meinung und Ethik. In: Weber, M./Hoyningen-Huene, P. (Hrsg.): Ethische Probleme in den Biowissenschaften. Synchron Verlag, Heidelberg: 133–146.

Schäfer, A. (2009): Der Diskurs Grüne Gentechnik des BMVEL. In: Göpfert J./Moos, T. (Hrsg.): Konfliktfelder beackern. Dialog- und Partizipationsverfahren bei fundamentalen Technikkonflikten am Beispiel der Grünen Gentechnik. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden: 61–67.

Thiel, M. (2014): Grüne Gentechnik in Deutschland. Einstellungen der Bevölkerung. Ibidem, Stuttgart.

Torgersen, H. et al. (2002): Promise, Problems and Proxies. Twenty-five Years of Debate and Regulation in Europe. In: Bauer, M.W./Gaskell, G. (Hrsg.): Biotechnology. The Making of a Global Controversy. Cambridge University Press, Cambridge: 21–95.

Weitze, M.-D. et al. (Hrsg.) (2012): Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Analysen, Aktivitäten. Acatech Diskussion. Springer, Heidelberg.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Julia Diekämper, Lilian Marx-Stölting und Steffen Albrecht

7. Alles im grünen Bereich? Wissenschaftskommunikation im Zeitalter von grüner Gentechnologie und Genome-Editing

7.1 Gentechnologie im Spannungsfeld von engagierter Beachtung und distanzierter Betrachtung

Verfolgt man die Einschätzung wissenschaftlicher Fachliteratur, so scheint die Sache klar: Die neuen Methoden des Genome-Editings,[1] darunter insbesondere das CRISPR/Cas9-System, stellen eine „Revolution" im Feld der Gentechnologie dar (z. B. Barrangou, 2014; Corbyn, 2015; Baltimore et al., 2015). Das Wissenschaftsmagazin *Science* kürte sie im Jahr 2015 zum „Breakthrough of the Year" (Travis, 2017). Seither wird in rascher Folge über immer neue Anwendungsmöglichkeiten und Weiterentwicklungen in unterschiedlichen Feldern berichtet: „the revolution continues" (Murugan et al., 2017). Über den Kreis der wissenschaftlichen Community hinaus befassen sich Industrie und Anwender (z. B. in Landwirtschaft und Medizin) mit den neuen Verfahren. Zugleich stehen die Verfahren genauso auf der Agenda einzelner Vertreter/-innen der Politik und Justiz wie von gesellschaftlichen Interessenvertretern und -vertreterinnen wie Akademien, Kirchen und Nichtregierungsorganisationen.

Trotz eines auch medial deutlich wahrnehmbaren Interesses am Genome-Editing (siehe 7.4) findet die auf sie konzentrierte Aufmerksamkeit bislang jedoch nur überschaubaren gesellschaftlichen Widerhall. Einer Befragung des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) von Anfang 2017 zufolge haben nur 14 % der Befragten schon einmal

1 Unter Genome-Editing verstehen wir hier verschiedene neue Verfahren, mit deren Hilfe es möglich sein soll, kostengünstiger, präziser und schneller als bei klassischen gentechnischen Verfahren ins Genom einzugreifen. Im Zentrum der aktuellen Aufmerksamkeit steht dabei das CRISPR/Cas-System, auch TALENs und Zinkfingernukleasen sind dazu zu zählen. Wichtig ist dabei, dass man mit diesen Technologien sowohl Punktmutationen erzeugen kann (also einzelne Nukleotide der DNA verändern), aber auch größere Änderungen einführen kann, die zu klassischen transgenen Organismen führen können (wenn etwa Fremd-DNA eingebaut wird).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

etwas von Genome-Editing gehört.[2] Ein solcher Befund spiegelt sich auch in den gleichfalls vom BfR durchgeführten Fokusgruppen-Gesprächen zur Wahrnehmung des Genome-Editings wider.[3] Auch wenn entsprechende Befragungen primär Informiertheit abfragen und nicht Haltungen, lässt sich dennoch eine Diskrepanz ausmachen zwischen einer als „Revolution" gefassten Zukunftsvorstellung einiger und deren Bekanntheitsgrad und Bedeutung für viele.

Diese Diskrepanz stellt in den Augen vieler Beobachter/-innen ein Problem dar. Denn die Bedeutung der neuen Methoden der Gentechnologie wird als so weitreichend angesehen, dass möglichst viele gesellschaftliche Akteure und Akteurinnen über den verantwortungsvollen Umgang mit ihnen diskutieren sollten. So eröffnete etwa der Nobelpreisträger David Baltimore das als „International Summit on Human Gene Editing" bezeichnete Treffen im Dezember 2015 mit dem Hinweis, die Forschenden seien sich der Verantwortung bewusst, die die bemerkenswerten Technologien mit sich brächten, und würden die Notwendigkeit erkennen, eine breite Öffentlichkeit in die Debatte einzubeziehen. Forderungen nach beziehungsweise Aufrufe zu einer breiten gesellschaftlichen Diskussion über Genome-Editing werden immer wieder von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sowie von wissenschaftlichen Institutionen erhoben (u. a. Baltimore et al., 2015; Lanphier et al., 2015; Reich et al., 2015; Leopoldina et al., 2015; NASEM, 2017). Kommunikation wird also eingefordert, doch wie und durch wen ließen sich Gespräche über Wissenschaft initiieren, deren Folgen möglicherweise weitreichend sind? Und welche Rolle spielen dabei vorangegangene Entwicklungen in der Debatte über Gentechnologien?

In der gegenwärtigen Kommunikation über Genome-Editing wird an frühere Versuche angeknüpft, die Implikationen der Gentechnologien öffentlich zu verhandeln. So rief David Baltimore die internationale Konferenz von Asilomar im Jahr 1975 in Erinnerung. Die Konferenz wird dramaturgisch immer wieder als Modell erfolgreicher Selbstregulierung der Wissenschaft angeführt und damit auf die Autonomie der Wissenschaft und das Prinzip der verantwortungsvollen Forschung hingewiesen (Jasanoff/Hurlbut, 2018). Doch diese Perspektive ist nur eine. Denn Asilomar wird auch als Versuch gewertet, frühzeitig Bedenken entgegen zu treten, die eine weitere Erforschung der Gentechnologie gefährdet hätten (Hogan, 2016). Zudem wird kritisiert, dass Risiken

2 Siehe unter: http://www.bfr.bund.de/epaper/verbrauchermonitor_2017_deutsch/files/assets/common/downloads/BfR-Verbrauchermonitor_022017.pdf [17.05.2018]. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die Umfrage von Yougov (2016), hier hatten 29 % schon einmal von dem Thema gehört, nur 7 % gaben allerdings an, zu wissen, was sich hinter dem Begriff verbirgt.

3 Siehe unter: http://www.bfr.bund.de/cm/350/durchfuehrung-von-fokusgruppen-zur-wahrnehmung-des-genome-editings-crispr-cas9.pdf [17.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

eng gefasst und auf unmittelbare Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit bezogen wurden und beispielsweise Umweltrisiken vernachlässigt wurden (Jasanoff et al., 2015). Asilomar, und das macht den Verweis auf die Konferenz in diesem Zusammenhang besonders aufschlussreich, war allerdings in keiner Weise ein Instrument, Öffentlichkeit in die Diskussionen tatsächlich einzubeziehen, dafür hätten entsprechende Vertreter/-innen tatsächlich Präsenz erhalten müssen (Hurlbut, 2015).[4]

Nicht alle Anwendungsbereiche der Gentechnologie evozierten ein vergleichbares gesellschaftliches Echo. Aus heutiger Sicht gilt die sich ab den 1980er Jahren entfaltende Debatte in Deutschland über die grüne Gentechnologie oftmals als geradezu paradigmatisches Beispiel fehlgeleiteter Kommunikation über wissenschaftlich-technische Entwicklungen und die mit ihr verbundenen gesellschaftlichen Fragestellungen.[5] Sie ließ sowohl Befürworter/-innen und Gegner/-innen als auch bemühte Vermittler/-innen letztlich unzufrieden zurück (exemplarisch: Gill, 2011; van den Daele, 2012) und resultierte in einem „ausgeprägten Lagerdenken" (Albrecht et al., 2017), das sich kommunikativ kaum noch überwinden lässt. In Bezug auf neue, emergierende Technologien wird daher heute beinahe routinemäßig gefordert, frühzeitig nicht nur die Chancen, sondern auch die Risiken der Anwendungsmöglichkeiten zu diskutieren und dabei ganz unterschiedliche gesellschaftliche Perspektiven einzubeziehen. Solche Forderungen (bzw. Aktivitäten) lassen sich außer für Genome-Editing auch für Nanotechnologien, neurowissenschaftliche Anwendungen und die synthetische Biologie (Kearnes et al., 2006; Torgersen/Schmidt, 2013) beobachten.

Bei den aktuellen Forderungen in Bezug auf die Verfahren des Genome-Editings fällt jedoch auf, dass sie insbesondere offen lassen, worin bei früheren gentechnischen Verfahren und Anwendungen konkret die Probleme in der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit lagen und worauf es zukünftig ankommt. Daher vollzieht dieser Beitrag nach, welche Rolle die Kommunikation von Wissenschaft in der Entwicklung der Gentechnologie bisher spielte und spielen kann. Dafür werden – nach einer Klärung der Ziele beziehungsweise des Anspruchs, den Wissenschaftskommunikation in einer zunehmend technisch geprägten Welt haben kann und soll – in einem Rückblick kommunikative Strategien anlässlich der grünen Gentechnologie genauer in den Blick genommen. Es soll nach denjenigen „Fehlern" gefahndet werden, auf die in Hinblick auf neue Technologien heute verwiesen wird. Schließlich fragen wir, ob und wenn ja, inwiefern sich die gegenwärtige Diskussion über Genome-Editing bei näherer

4 Zur Konferenz von Asilomar siehe auch die Beiträge von Fangerau (Kap. 2) und Hucho (Spotlight 5). Vertiefend zur Konferenz: Könninger, 2016.

5 Zu Haltungen zur grünen Gentechnik siehe auch Renn (Kap. 6).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Betrachtung von den bisherigen Kämpfen um die Deutungshoheit der grünen Gentechnologie unterscheidet.

7.2 Anspruch und Rolle der Kommunikation über Wissenschaft

Unter Wissenschaftskommunikation wird oftmals die Kommunikation von wissenschaftlichen Institutionen mit der Öffentlichkeit verstanden, also eine strategisch orientierte, institutionell organisierte Kommunikation. Ein weiter gefasstes Verständnis schließt auch die Kommunikation einzelner Wissenschaftler/-innen untereinander mit ein, dabei lässt sich zwischen interner Wissenschaftskommunikation (z. B. Veröffentlichungen in Fachzeitschriften) und einer zumindest prinzipiell auch öffentlich zugänglichen (z. B. Teilnahme an Podiumsdiskussionen) unterscheiden. Hier geht es augenscheinlich um Positionierung und Sichtbarmachung von Forschung. Wissenschaftler/-innen bemühen sich, die Implikationen ihrer Arbeit für die Gesellschaft herauszustellen, nicht zuletzt, um ihre Arbeit zu legitimieren und um Verständnis für ihr Tun zu werben.

Darüber hinaus tragen weitere Akteure und Akteurinnen dazu bei, Wissenschaft zu kommunizieren. Hierzu zählen (Wissenschafts-)Journalisten und Journalistinnen und andere Moderatorinnen und Moderatoren, wie politische und gesellschaftliche Institutionen, die sich zu wissenschaftlichen Themen äußern und die sich aus einer Metaposition heraus um deren Einordnung bemühen. Andere agierende Gruppierungen, wie etwa NGOs, verweisen auf die gesellschaftliche Bedeutung etwa der Gentechnologie. Insbesondere bei wissenschafts- und gesellschaftspolitisch folgenreichen Auseinandersetzungen zählt es zudem zur Selbstverpflichtung von öffentlichen Einrichtungen wie Museen, sich denjenigen Fragen zu stellen, die sie thematisch berühren. In letzter Zeit lässt sich allgemein ein wachsendes Interesse an Wissenschaftskommunikation beobachten, das sich in neuen Institutionen (wie dem Science Media Center[6] oder der Initiative „Wissenschaft im Dialog“[7]) ebenso ausdrückt wie in verstärkter Reflexion an bereits etablierten Orten (Leopoldina et al., 2014 und 2017; Weitze/Heckl, 2016; Bonfadelli et al., 2017).

Wissenschaftskommunikation lässt sich jedoch auch unabhängig von Akteuren und Akteurinnen betrachten. So gehen Burns et al. (2003) zum Beispiel nicht von einem bestimmten Personenkreis aus, sondern von bestimmten Zielrichtungen, wenn sie Wis-

6 Siehe unter: https://www.sciencemediacenter.de/ [18.05.2018].

7 Siehe unter: https://www.wissenschaft-im-dialog.de/ [18.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

senschaftskommunikation definieren als Verwendung geeigneter Fähigkeiten, Medien und Aktivitäten mit dem Ziel, das Bewusstsein und Interesse für Wissenschaft zu stärken, Freude an und Verständnis für Wissenschaft zu erzeugen sowie zur Meinungsbildung in wissenschaftsbezogenen Fragen beizutragen. Sie fassen den Begriff daher bewusst weit und schließen auch die gesellschaftliche Debatte über wissenschaftliche Themen ein.

Ein solch weites Verständnis von Wissenschaftskommunikation ist hilfreich, um ihre Bedeutung für das Verhältnis von Wissenschaft und Gesellschaft nachzuvollziehen. Das gilt für unsere Gegenwart in besonderem Maße, in der wissenschaftliche Erkenntnisse immer weitere Bereiche der Gesellschaft durchdringen. Gleichzeitig sind die sich hieraus ergebenden Fragestellungen häufig weit entfernt vom Alltag und auch vom Verständnis vieler Menschen. Wenn aber die Folgen möglicher Anwendungen von Wissenschaft zumindest perspektivisch Einfluss auf Alltag und Lebensweise nehmen, dann bedarf es in einem deliberativen Verständnis notwendigerweise einer gesellschaftlichen Sensibilisierung und Vermittlung, um Aufmerksamkeit zu schaffen und Verstehen zu ermöglichen. Sie bilden die Grundvoraussetzung von Teilhabe in einem demokratischen Sinn (Jasanoff, 2003).

Unter Vermittlung sollte allerdings nicht einseitig die Schaffung von Akzeptanz verstanden werden. Empirische Studien zu den Effekten von Wissenschaftskommunikation haben die Annahme klar widerlegt, mehr Aufklärung und Information (über bspw. Nanotechnologie) führe über den Effekt der größeren Vertrautheit mit der Technologie zu einer Steigerung der Akzeptanz (Kahan et al., 2009). Es zeigte sich vielmehr, dass Informationen je nach kultureller Prägung sehr unterschiedlich interpretiert werden.

Auch deshalb plädieren Wissenschaftsforscher/-innen, aber auch Praktiker/-innen der Wissenschaftskommunikation heute für eine Debatte, die sich aus Erkenntnissen genauso speist wie aus Werten, Normen oder kulturellen Überzeugungen. Vor diesem Hintergrund ist die kategorische Trennung zwischen „Laien“ und „Experten“ nicht haltbar. Vielmehr sind die unterschiedlichen Interessensvertreter/-innen prinzipiell gleichermaßen sprachberechtigt, wenn es um Fragen der Förderung bestimmter Forschungsrichtungen, die ethischen oder rechtlichen Grenzen von Forschung und die Auswahl von gesellschaftlichen Bedarfsfeldern geht. Denn es werden hier nicht Fragen der Messbarkeit verhandelt, die sich mithilfe wissenschaftlicher Methoden klären ließen, sondern Fragen der Wünschbarkeit, die einer politischen Klärung bedürfen.

Entsprechend kann Aufgabe der Wissenschaftskommunikation nicht mehr die bloße Übertragung von Wissen beziehungsweise Informationen an ein Publikum sein (das durch diese Sichtweise zwangsläufig als nicht wissend und wissensbedürftig gedacht

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ist), sondern vielmehr, einen Dialog auf Augenhöhe zwischen den Akteuren und Akteurinnen zu organisieren beziehungsweise die Rahmenbedingungen dafür zu schaffen. Die MASIS-Expertengruppe der Europäischen Kommission spricht in diesem Zusammenhang vom Übergang von „transmission to transaction" (European Commission, 2009: 50). Zwar kann Wissenschaftskommunikation auch unter diesen Vorzeichen strategisch betrieben werden, zum Beispiel um Akzeptanz für neue Technologien zu sichern. Allerdings können Dialoge eine ganz eigene, die Kommunikation reglementierende Kraft entwickeln. Auch deshalb geht die Vorstellung, Kommunikation zu wissenschaftlichen Themen und Fragestellungen steuern zu können, an der Realität gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse vorbei. Aufschlussreich sind die entsprechenden Empfehlungen dennoch. So wird in Bezug auf die Biotechnologie gefordert, die Kommunikation solle frühzeitig erfolgen, aufrichtig und transparent sein, sich der jeweiligen Rahmung und den unterschwelligen Wertvorstellungen und Annahmen bewusst sein (bzw. diese bewusst machen) und eine möglichst große Zahl von unterschiedlichen Perspektiven einbeziehen (Hartley et al., 2016; acatech, 2012).

7.3 Das Kommunizieren der grünen Gentechnologie

Ein solches Verständnis von Wissenschaftskommunikation verdankt sich nicht zuletzt den Erfahrungen, die im Zuge der Debatte um die grüne Gentechnologie gemacht wurden. Diese Debatte ließ viele Beteiligte enttäuscht zurück. Wissenschaftler/-innen wurden, in Erwartung einer expandierenden Forschung, durch die Ablehnung durch Teile der Bevölkerung und Politik gebremst. Aus ihrer Sicht bleiben Potenziale für Innovationen und für die Lösung gesellschaftlicher Probleme unausgeschöpft. Demgegenüber reüssierten in der Öffentlichkeit Vorbehalte, die sich aus den seitens der Wissenschaft gemachten, aber nicht so leicht einlösbaren großen Versprechen speisten – etwa die Herstellung trockentoleranter Pflanzen zu ermöglichen. Auch wenn Beobachter/-innen feststellen, dass nicht nur Fehler der Kommunikation für die Entwicklung der Debatte verantwortlich waren (van den Daele, 2012), so erscheint es doch ratsam, zentrale Merkmale der Debatte zu rekapitulieren, um daraus für den zukünftigen kommunikativen Umgang mit biotechnologischen Themen wie dem Genome-Editing zu lernen.

7.3.1 Zwischen Verdacht und Vertrauen – Der Umgang mit Nichtwissen

In der Wahrnehmung der Verbraucher/-innen steht die grüne Gentechnologie schon seit Langem – um es vorsichtig zu sagen – unter Verdacht. Bereits bevor die ersten genetisch veränderten Lebensmittel den Markt für Verbraucher/-innen erreichten, wurden

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

sie – bildlich gesprochen – schon kommunikativ auf den Tellern serviert. So wurde das Bild dieser Technologie mitgeprägt: 1993 präsentierte *Der Spiegel* etwa einen voll beladenen Teller mit Lebensmitteln auf seinem Cover (*Der Spiegel*, 1993). Die präsentierten Lebensmittel erschienen aber nicht eben appetitlich. Die Rebe Weintrauben beispielsweise hing voll mit kleinen violetten Kuben, die der bekannten Frucht lediglich in der Farbe glichen. Ein Fisch schien eher der Stanzmaschine entsprungen zu sein als den Weltmeeren. Auch der Titel „Der Genfraß. Biotechniker bauen die Nahrung um" erweckte nicht unbedingt sinnliche Lust. In dem *Spiegel*-Beitrag „Frankenfood im Tiefkühlfach" ist die Rede von „gentechnischen Schöpfungskapriolen", von „Genfloristen" und von den Vorbehalten in der Bevölkerung gegen die Offerten von Forschung und Industrie.

Diese Einschätzungen stehen in Kontrast zu den Versprechen, die die Forschung begleiten, etwa mithilfe der Gentechnologie die Belastung der Umwelt durch Pestizide zu verringern oder sie als eine „Schlüsseltechnologie zur Ernährungssicherheit einer wachsenden Weltbevölkerung" zu nutzen (Müller-Röber et al., 2015: 309).

Dessen ungeachtet herrscht gegenwärtig eine reservierte Haltung gegenüber entsprechenden Produkten vor.[8] Regelmäßig zeigen Umfragen, dass ein Großteil der deutschen Bevölkerung den Anbau und die Nutzung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) beziehungsweise eine entsprechende Forschung ablehnt (Greenpeace, 2013; bzw. European Commission, 2010) oder den Einsatz der Gentechnologien zumindest mit Sorgen verbindet (Leopoldina/IfD, 2015). Von den Regierungsparteien wurden die Vorbehalte der Bevölkerung gegenüber der grünen Gentechnologie etwa im Koalitionsvertrag von 2013 „explizit anerkannt" (CDU et al., 2013).[9]

Gegenüber der Wissenschaft bedeutet diese ablehnende Haltung einen Ausdruck mangelnden Vertrauens, der sich ebenfalls in Umfragen manifestiert. Nur 17 % der 2016 repräsentativ befragten Deutschen vertrauen den Aussagen von Wissenschaftler/-innen zum Thema grüne Gentechnologie, 56 % misstrauen ihnen (Wissenschaft im Dialog, 2016). In den anderen hier erfragten Forschungsgebieten (Klimaforschung, Ent-

8 Weltweit gesehen wächst allerdings der kommerzielle Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen (ISAAA, 2014; die Interpretation dieser Daten ist allerdings – kaum verwunderlich – umstritten). Die frühere Annahme, bis 2013 würden „praktisch alle Nutzpflanzen gentechnisch manipuliert sein" (*Der Spiegel*, 1993), hat sich nicht bewahrheitet.

9 Im aktuellen Koalitionsvertrag von 2018 (84 f.) sind die Bedenken dagegen weniger explizit. Hier heißt es: „Im Anschluss an die noch ausstehende Entscheidung des Europäischen Gerichtshofes (EuGH) zu den neuen molekularbiologischen Züchtungstechnologien werden wir auf europäischer oder gegebenenfalls nationaler Ebene Regelungen vornehmen, die das Vorsorgeprinzip und die Wahlfreiheit gewährleisten." Siehe unter: https://www.bundesregierung.de/Content/DE_Anlagen/2018/03/2018-03-14-koalitionsvertrag.pdf [18.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

stehung des Universums, erneuerbare Energien) überwiegt dagegen jeweils das Vertrauen.

Was aber verstehen wir unter Vertrauen? Vertrauen stellt eine Generalisierung zwischenmenschlicher beziehungsweise gesellschaftlicher Beziehungen dar, indem es dabei hilft, vom Einzelfall beziehungsweise der einzelnen Situation abzusehen (Luhmann, 1968). Umgekehrt kann es durch wiederholte Enttäuschungen gestört oder gar nicht erst aufgebaut werden. Solche Enttäuschungen entstanden bei der grünen Gentechnologie unter anderem durch das beschriebene Auseinanderfallen von Versprechen und konkretem Nutzen: So prognostizierte die Gentechnologie zwar Vorteile für die Landwirtschaft (Erleichterung der Arbeit durch herbizidtolerante Pflanzen) oder den Lebensmittelhandel (bessere Lagerungseigenschaften und höhere Preise bei der „Flavr-Savr"-Tomate, auch „Antimatschtomate" genannt). Doch für die Verbraucher/-innen wurde der Nutzen nicht greifbar, es blieben nur die unklaren Risiken. Andere in Aussicht gestellte Vorteile der Gentechnologie wie die Verbesserung der Trockentoleranz oder der Nährstoffzusammensetzung von Pflanzen erwiesen sich als schwierig umzusetzen, da diese Eigenschaften durch eine Vielzahl von Genen bestimmt sind.

Sowohl der (generelle) Verdacht als auch das – im Fall der grünen Gentechnologie nicht etablierte – Vertrauen stellen Umgangsweisen mit Nichtwissen dar.[10] Auf ihrer Basis können Einzelne Entscheidungen treffen, auch wenn sie nicht über alle zur Beurteilung nötigen Informationen verfügen oder diese verarbeiten können. Das Nichtwissen spielt eine wichtige Rolle in der Diskussion über Gentechnologie, zumal die Kommunikation meist im Futur geführt wird: In der Zukunft können bestimmte Erfolge erzielt werden, in der Zukunft werden sich Risiken für die Gesundheit manifestieren – zunehmende Antibiotikaresistenz von Erregern – oder dank der Gentechnologien verringert werden – geringeres allergenes Potenzial bestimmter Lebensmittel. Auch die Unsichtbarkeit genetischer Modifikationen trägt zum Nichtwissen bei – entsprechend wird Transparenz durch Kennzeichnungen eingefordert. Sowohl Verdacht als auch Vertrauen unterscheiden sich vom wissenschaftlichen Umgang mit Nichtwissen insofern, als Wissenschaft von einer gewissen Beherrschbarkeit oder zumindest Eingrenzbarkeit des Nichtwissens ausgeht. Diese wird in Bezug auf die grüne Gentechnologie allerdings gerade bestritten (Böschen et al., 2010), weshalb wissenschaftliche Argumentation allein sich als wenig zielführend erweist.

10 „Trust [...] acquires performativity which allows individuals to move into the future without certain knowledge" (Camporesi et al., 2017).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

7.3.2 Rahmungen und Narrative

Indem sie den Blick auf bestimmte Fragestellungen lenken beziehungsweise dabei helfen, neu gewonnene Informationen in den Kontext des bereits erlangten Wissens einzuordnen, spielen Rahmungen eine zentrale Rolle für die Entstehung von Wissen. Rahmungen stellen genauer gesagt Deutungsmuster dar, an die sich Bedeutung anlagern kann. Sie bezeichnen, „wie und in welchen Termini von einer Sache die Rede ist, welche impliziten Normen damit verbunden sind beziehungsweise was als adäquates Element der Bearbeitung dieser Sache gilt" (Hampel/Torgersen, 2010: 146). Die Rahmung der grünen Gentechnologie beispielsweise als Element einer industrialisierten Landwirtschaft lenkt den Blick auf die Interessen der beteiligten Wissenschaftler/-innen und Unternehmer/-innen und auf Fragen der gerechten Aushandlung zwischen so ungleichen Akteuren und Akteurinnen wie Kleinbauern und -bäuerinnen in Entwicklungsländern auf der einen Seite und global agierenden Saatgutkonzernen auf der anderen. Diese Themen stehen im Mittelpunkt von Narrativen, durch die eine Rahmung hervorgebracht und aktualisiert wird. Der oben erwähnte Spiegel-Beitrag problematisiert beispielsweise unter anderem das ökonomische Interesse von Firmen, sich im Bereich der grünen Gentechnologie zu engagieren. Der Beitrag zielt auch darauf, dass es große, international agierende Unternehmen waren, die die ersten gentechnischen Veränderungen an Pflanzen – insbesondere Herbizidresistenz[11] – entwickelt und vorangetrieben hatten. Die Rahmung in Bezug auf eine zunehmend industrialisierte Landwirtschaft lenkt dabei den Blick weg von der grünen Gentechnologie als Verfahren und hin zur Ausrichtung und Programmatik des Bereichs, in dem sie eingesetzt werden soll. In einer kritischen Lesart kommen dabei gesellschaftliche Interessen, wie sie sich im Vorsorgeprinzip ausdrücken, nur bedingt zum Tragen, ebenso tritt die Frage, welcher Nutzen sich für die Verbraucher/-innen einstellt, gegenüber den erhofften Profiten einzelner Agrarkonzerne in den Hintergrund. Eine positive Bewertung der Gentechnologien innerhalb dieses Rahmens, zum Beispiel durch den Verweis auf mögliche Vorteile für den Industrie- und Forschungsstandort Deutschland, konnte sich interessanterweise nicht durchsetzen.[12]

11 Technisch ist es relativ einfach, Modifikationen in der Erbinformation von Pflanzen vorzunehmen. In Bezug auf Pathogenresistenz gilt dies jedoch vor allem für Resistenzen gegen Fraßinsekten; Resistenzen gegenüber Viren, Bakterien oder Pilzen sind komplexer zu realisieren.

12 Noch 1995 war dies offenbar anders, als Sheila Jasanoff (1995: 328) in ihrer politischen Analyse der Gentechnologie-Debatten in den USA, Großbritannien und Deutschland feststellte, die jeweiligen nationalen Proteste wären „der Rhetorik und Politik globaler Wettbewerbsfähigkeit" unterlegen („eventually succumbed to the rhetoric and politics of global competitiveness").

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Für die Debatte innerhalb der Öffentlichkeit dagegen dürfte die Rahmung „Natürlichkeit" eine zentrale Rolle gespielt haben und noch immer spielen. Eben jenes *Spiegel*-Cover etwa spielt mit verschiedenen Merkmalen von Natürlichkeit, beispielsweise der Form und der Farbe von Lebensmitteln. Die präsentierten Nahrungsmittel wirken „unnatürlich" und verbieten auch deshalb ihren Verzehr. Die grüne Gentechnologie konnte in der Öffentlichkeit auch deshalb keine Akzeptanz finden, weil ihre Produkte im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft als künstlich gelten (vgl. Karafyllis, 2017) – und dies, obwohl auch die Behandlung konventionell erzeugter Produkte (wie Bestrahlung etc.) kaum als natürlich, sondern vielmehr als hochgradig technisiert beziehungsweise industriell geprägt zu charakterisieren ist. Die Rahmung als „natürlich" ist verbunden mit einer Höherbewertung des Natürlichen (Birnbacher, 2006; acatech, 2012: 15). Eingriffe in die Natur verbieten sich aus dieser Perspektive beziehungsweise führen zu einer Abwertung der resultierenden, künstlich geschaffenen Produkte.

Die für die Wahrnehmung relevanteste Rahmung der grünen Gentechnologie war vermutlich jene mit Bezug auf das Risiko (Torgersen/Schmidt, 2013). Gentechnisch veränderte Lebensmittel stellen in dieser Lesart eine potenzielle Bedrohung für den Einzelnen oder nachfolgende Generationen – allergenes Potenzial, Gesundheitsrisiko – oder aber für die Umwelt – unkontrollierte Verbreitung, negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt – dar. Allerdings zeigt sich an diesem Beispiel auch die prinzipielle Offenheit von Rahmen für ganz unterschiedliche Auslegungen: Nicht nur Kritiker/-innen, sondern auch Befürworter/-innen sehen die grüne Gentechnologie als riskant an, allerdings verstehen Letztere Risiken als naturwissenschaftlich definierte, grundsätzlich beherrschbare Form von Nichtwissen. Nach diesem Verständnis lässt sich das Risiko managen, das „nicht Gewusste" ist nur „noch nicht Gewusstes" (Böschen et al., 2010). Die Übertragung der Beurteilung der mit gentechnisch veränderten Lebensmitteln verbundenen Risiken 2002 an die European Food Safety Authority (EFSA) als unabhängige Behörde, die (natur-)wissenschaftlichen Prinzipien verpflichtet ist, stellt einen Schritt des Risikomanagements in dieser Perspektive dar. Allerdings konnte sich dieses Delegieren der Zuständigkeit politisch nicht durchsetzen: Im Zulassungsprozess der EU folgt auf die Bewertung der EFSA zusätzlich eine – mehrstufige – politische Bewertung auf europäischer und schließlich nationaler Ebene (Boysen, 2012: 31).

7.3.3 Strukturelle Grundlagen

Die Entwicklung der Debatte ist zudem auch zugrunde liegenden Strukturen des Dissenses zwischen Befürworter/-innen und Gegner/-innen zuzuschreiben (van den Daele, 2012). Dazu zählen die bereits erwähnten Interessensunterschiede zwischen Agrarkon-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

zernen und Landwirten und -wirtinnen, die kein Interesse an der Nutzung der Gentechnologie haben (Gill, 2012), und die Verknüpfung der Gentechnologie mit dem Einsatz von Pestiziden. Aber auch Versuche, die ökonomischen Zwänge, die hohen Kosten für die Entwicklung und das In-Verkehr-Bringen gentechnisch veränderter Pflanzen durch Lizenzen auf Patente, die Kopplung des Saatgutgeschäfts an weitere Geschäfte oder durch höhere Produktkosten zu decken, spielen eine wichtige Rolle. Ebenfalls zu den strukturellen Faktoren zu zählen ist die Nähe der an der Pflanzenbiotechnologie forschenden Wissenschaftler/-innen zur Industrie – beide Gruppen verbindet das Interesse an einer Weiterentwicklung beziehungsweise -erforschung der Verfahren sowie gegebenenfalls ökonomische Interessen zum Beispiel an der Auswertung von Patenten oder aber politische Interessen an einer Aufwertung des (Forschungs- bzw. Industrie-) Standorts Deutschland. Einhellig festgestellt wird außerdem, dass trotz der Erfolge und der beachtlichen Entwicklung der grünen Gentechnologie bisher noch keine Produkte zur Marktreife gebracht wurden, die die Verbraucher/-innen durch einen besonderen Nutzen überzeugen würden, wie dies beispielsweise bei der Anwendung der Gentechnologie im medizinischen Bereich (rote Biotechnologie) der Fall war (van den Daele, 2012).

7.3.4 Zwischenfazit

Das Zusammenspiel diskursiver Dynamiken und struktureller Einflussfaktoren hat dazu geführt, dass die Debatte über die grüne Gentechnologie festgefahren erscheint. Innerhalb der Europäischen Union ist ihre Anwendung gegenwärtig politisch mehrheitlich nicht erwünscht, ohne dass entsprechende Begründungen für Befürworter/-innen oder aber die Kritiker/-innen befriedigend wären (Gill, 1993 und 2011; van den Daele, 2012). Vielmehr findet ein sachlicher Austausch über die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Arten der Züchtung und über alternative Entwicklungspfade der Technologie praktisch nicht statt (Albrecht et al., 2017).

Diese Situation eines vor allem auf der symbolischen Ebene mit Mitteln der Moralisierung geführten Konflikts zeigte sich besonders deutlich in zwei Aktivitäten des Jahres 2016: Auf der einen Seite machten sich mehr als 100 Nobelpreisträger/-innen in einem offenen Brief zu Fürsprechenden des Provitamin-A-angereicherten sogenannten „Goldenen Reises“ und brachten diesen – abermals – als Lösung für das Thema Mangelernährung beziehungsweise Welternährung ins Spiel (Nestler, 2016). Dabei suggerierten sie, das Verhindern der Gentechnologie sei ein „Verbrechen gegen die Menschlichkeit“ und ein Akt der Ungerechtigkeit der entwickelten Welt gegenüber ärmeren Ländern. Auf der anderen Seite klagte ein symbolisches Tribunal in Den Haag – in Ana-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

logie zum internationalen Strafgerichtshof – das Unternehmen Monsanto wegen der „Verletzung von Menschenrechten, Verbrechen gegen die Menschlichkeit und Ökozid" an.[13] Zur Begründung wurde unter anderem auf die Entwicklung und Vermarktung genetisch modifizierten Saatguts durch Monsanto verwiesen. Beide Aktivitäten sind dadurch geprägt, eine ethisch wie sachlich komplexe Fragestellung durch Symbolisierung und Emotionalisierung (zu) stark zu vereinfachen und damit eine sehr spezifische – normativ grundierte – Perspektive einzunehmen.

7.4 Neue Technologie – neues Spiel? Berichten über Genome-Editing

Die Entdeckung des CRISPR/Cas9-Systems als Möglichkeit, gezielt und mit vergleichsweise geringem Aufwand ins Genom einzugreifen, wird in der wissenschaftlichen Community bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt als Durchbruch gefeiert (Travis, 2015). Hohe Erwartungen werden nicht allein in Bezug auf die Anwendungspotenziale gehegt, sondern auch in Bezug auf die öffentliche Debatte über Gentechnologien. Mit den neuen Verfahren, so die Hoffnung, lassen sich bislang unerfüllte Versprechen wie beispielsweise die Entwicklung neuer, leistungsfähiger Saatgutsorten erfüllen, zudem seien sie aufgrund der größeren Zielgenauigkeit im Vergleich zu früheren Methoden mit geringeren Risiken der Anwendung verbunden.

Doch aufgrund der Erfahrungen mit der grünen Gentechnologie ist die Sensibilität für die Wahrnehmung und Akzeptanz der Technologie in der Bevölkerung als Handlungsbedarf diagnostiziert. Geradezu routinemäßig lobt das Bundesforschungsministerium neben Programmen zur Pflanzenforschung[14] und Bioökonomie[15] auch solche der geistes- und sozialwissenschaftlichen Begleitforschung zu ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten der neuen Technologie[16] sowie zur diskursiven Behandlung dieser Fragestellungen[17] aus. Auch der Deutsche Ethikrat, wissenschaftliche Akademien sowie weitere gesellschaftlich Verantwortliche fordern eine breite gesellschaftliche Debatte, bevor konkrete Anwendungen, insbesondere solche mit Auswirkungen auf die menschliche Keimbahn, erprobt werden (NASEM, 2017; EASAC, 2017; Deutscher Ethikrat, 2017; Reich et al., 2015).

13 Siehe unter: http://de.monsantotribunal.org/ [18.05.2018].
14 Siehe unter: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1342.html [17.05.2018].
15 Siehe unter: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1519.html [17.05.2018].
16 Siehe unter: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1428.html [17.05.2018].
17 Siehe unter: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1249.html [17.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Bisher allerdings hat die Bevölkerung in Deutschland, wie einleitend erwähnt (7.1), das Thema Genome-Editing kaum wahrgenommen. Die wenigen empirischen Befunde deuten jedoch an, dass Menschen häufig die – meist kritische – Haltung gegenüber der grünen Gentechnologie auf die neuen Verfahren des Genome-Editings für die Nutzung innerhalb der grünen Gentechnologie übertragen.[18] Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Anregungen zur Reflexion und Debatte über Wirkungsweisen und Konsequenzen der Öffentlichkeit bisher geboten werden und welche Anzeichen für neue Rahmungen oder Impulse der Diskussion sich erkennen lassen.

7.4.1 Genome-Editing wird öffentlich

Themen erlangen Aufmerksamkeit in erster Linie dadurch, dass sie von unterschiedlichen Medien aufgegriffen werden. Nicht zuletzt dank des Internets lässt sich eine Vielzahl von Informationen über Genome-Editing finden, was allerdings meist eine gezielte Suche voraussetzt und zu Informationen von sehr unterschiedlicher Qualität führt. Neben wissenschaftlich ausgerichteten Institutionen, die Stellungnahmen zum Thema Genome-Editing veröffentlichen oder selbst dazu Forschung betreiben, finden sich etablierte Medien, die ihr Angebot auch online verfügbar machen und so ihren Rezipientenkreis erweitern. Darüber hinaus bieten eigens eingerichtete Webseiten Informationen zum Thema. Exemplarisch sei an dieser Stelle auf das „Science Media Center" (SMC) verwiesen, das 2016 unter dem Titel „CRISPR-Cas9 als revolutionäre Methode des Genome Editing" ein Fact Sheet veröffentlichte. Das SMC versteht sich dabei als „kompetenter Lotse".[19] Gemeinsam mit der Initiative „Wissenschaft im Dialog" und der Universität Braunschweig lanciert es unter dem Titel „Die Debatte"[20] den Versuch, „wissenschaftliche Fakten und Perspektiven in gesellschaftliche Debatten ein[zu]bringen und Diskussionen an[zu]stoßen". Auch das Genome-Editing zählt zu den angebotenen Themen. Mit der Bezeichnung „Debatte" sind die Rezipierenden hier nicht als Konsumenten und Konsumentinnen von Informationen angesprochen, sondern als Mitsprechende – im Sinne von: Kommentierende.

18 Siehe unter: http://www.bfr.bund.de/cm/350/durchfuehrung-von-fokusgruppen-zur-wahrnehmung-des-genome-editings-crispr-cas9.pdf [17.05.2018]. Im Sinne einer internationalen Perspektive aufschlussreich sind die Umfragen zur Wahrnehmung von Genome-Editing anhand von Fallbeispielen, die Gaskell et al. (2017) publizierten: Hier steht nicht die Anwendung in der Landwirtschaft im Vordergrund, sondern unterschiedliche Anwendungen am Menschen (Therapie bzw. Enhancement). Demnach hängt die Bewertung des Genome-Editings stark von der Zielsetzung der jeweiligen Eingriffe ab.

19 Siehe unter: https://www.sciencemediacenter.de/das-smc/ [18.05.2018].

20 Siehe unter: http://www.die-debatte.org/warum-das-projekt/ [18.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Ein anderes Beispiel ist die Webseite SciLogs[21], die ebenfalls mit Beiträgen zum Genome-Editing aufwartet. Wissenschaft ist hier Abenteuergeschichte. Über das Projekt heißt es: „Die Vermittlung ihrer Erkenntnisse und der Dialog auf Augenhöhe sind Anliegen guter Wissenschaft. [...] Ihre [die der Blogs] Posts sind ernst gemeinte Einladungen zum Dialog, ihre Leser potenzielle Gesprächspartner – aufgerufen zu kommentieren, zu fragen, den Gedankenaustausch aktiv mitzugestalten. [...] Unser Anliegen ist der interdisziplinäre Dialog über Wissenschaft in all ihren Facetten: Forschung, Anwendung, Politik, Ethik, Werte".[22] Neben dem interaktiven Austausch wird hier besonders die Bedeutung von Narrationen betont, in denen sich die unterschiedlichen „Facetten" verbinden lassen.

Technologiemagazine wie „Wired" adressieren zudem ein naturwissenschaftlich interessiertes Publikum. Genome-Editing spielt darüber hinaus innerhalb der Social-Media-Kanäle eine Rolle. Unter dem Namen „CRISPR-Cas9 News" lassen sich auf Facebook mit einem Klick aktuellste Publikationen in der eigenen Timeline finden. Vergleichbare Angebote sind beliebig ergänzbar.

7.4.2 Geschichten des Genome-Editings – ein Blick in die Printberichterstattung

Für eine genauere Bestimmung des Umfangs sowie der Art und Weise, in der die Debatte über Genome-Editing-Verfahren in der Öffentlichkeit geführt wird, bieten sich jedoch die etablierten, auflagenstarken und überregionalen Printmedien stärker an. Zum einen spielt hier die Frage von Vertrauen eine Rolle – journalistischen, noch dazu etablierten Quellen wird mehr Vertrauen entgegengebracht als Quellen in sozialen Medien oder den Ergebnissen von Suchmaschinen (Schultz et al., 2017; Edelman, 2018). Zum anderen treffen die Themen hier auf eine zwar interessierte Öffentlichkeit, die allerdings nicht zwangsläufig gezielt nach Themen der Gentechnologien sucht – im Gegensatz zu denjenigen, die etwa im Internet gezielt nach „CRISPR/Cas" fahnden. Nicht zuletzt ergeben sich forschungspraktische Vorteile dadurch, dass die Beiträge beständiger sind als im flüchtigen Medium des Internets und dass die Ergebnisse vergleichbar sind mit Analysen des medialen Diskurses zu anderen Technologien.

Eine Analyse der Berichterstattung in vier überregionalen und auflagenstarken Zeitungen und Zeitschriften zum Thema Genome-Editing, die im Rahmen der IAG *Gen-*

21 Siehe unter: https://scilogs.spektrum.de/ [18.05.2018].

22 Siehe unter: http://scilogs.spektrum.de/ueber-scilogs/ [18.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

technologiebericht durchgeführt wurde,[23] widerspricht auf den ersten Blick dem Befund einer geringen öffentlichen Aufmerksamkeit für das Thema. Zumindest die journalistische Öffentlichkeit hat sich mit nahezu 200 Artikeln seit 2013 des Genome-Editings angenommen. Auch wenn diese Menge im Vergleich zu anderen Wissenschaftsthemen – etwa der Stammzellforschung oder der Präimplantationsdiagnostik – keine Besonderheit darstellt, lassen sich doch spezifische Merkmale entdecken: Auffallend in Bezug auf die Berichterstattung zum Genome-Editing – und hier vor allem CRISPR/Cas9, das als *pars pro toto* gilt – ist zunächst, dass das Thema es unabhängig von einem konkreten Anlass in die Medien schafft. Dies deutet einerseits das den Verfahren (bzw. deren Konsequenzen) entgegengebrachte Interesse an, andererseits führt eine solche Perspektive dazu, dass unterschiedliche Anwendungsbeispiele gemeinsam verhandelt werden.

Die Berichterstattung beginnt mit einer gewissen Verzögerung nach der Entdeckung von CRISPR/Cas9 im Jahr 2013. Sie nimmt dann allerdings schnell an Intensität zu. Sie ist vorrangig – aber nicht ausschließlich – dem Wissenschaftsressort überlassen, entsprechende Beiträge sind primär von Mitarbeiter/-innen der Redaktionen verfasst. Zudem erweitern Gäste das Autorenspektrum – ein weiterer Punkt, der für Wissenschaftsberichterstattung nicht selbstverständlich ist. Wessen Expertise wird nun hier eingeholt? Die disziplinäre Bandbreite derjenigen, die hier einen Platz finden, reicht vom Präsidenten der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina, Jörg Hacker (*F.A.Z.*, 2016a), über den Direktor des Instituts für biologischen Landbau Urs Niggli (*SZ*, 2016a), der als bekannter Gentechnik-Kritiker für Irritationen sorgte, da er eine Nutzung von CRISPR/Cas für den Biolandbau nicht kategorisch ausschloss,[24] oder den Theologen Wolfgang Huber (*F.A.Z.*, 2016b) bis zur Philosophin und Romanautorin Thea Dorn, die in *Die Zeit* explizit über Fragen der Wissenschaftswahrnehmung nachdenkt (*Die Zeit*, 2016). Experten und Expertinnen werden nicht nur eingeladen, Texte beizusteuern, sondern fungieren auch innerhalb der Medien als Gesprächspartner/-innen – etwa, wenn der Bundestagsabgeordnete der Grünen Harald Ebner und die Pflanzen-

23 Ausgewertet wurden *Die Zeit*, *Der Spiegel*, *Frankfurter Allgemeine Zeitung* und *Süddeutsche Zeitung* für den Zeitraum 2010 bis 2017. Gesucht wurde nach „Genome Editing", „Genomediting", „Genscheren" und „Crispr".

24 Sein Beitrag zeitigte Reaktionen, die selbst wieder medial abgebildet wurden. Unter dem Titel „Öko pur" fragt die *SZ*: „Ein Wegbereiter des Biolandbaus wägt Chancen moderner Gentechnik ab – und erntet Entrüstung einstiger Mitstreiter. Ist ihnen das Geschäftsmodell wichtiger als globaler Umweltschutz?" (*SZ*, 2016b). Es heißt weiter: „Von der Dämonisierung der neuen Züchtungstechniken leben viele Ökolandwirte gut. Sie erzeugen nicht nur Besorgnis bei den Kunden vor kommerziell hergestellten Waren, sondern bieten auch den Ausweg an: ihre eigenen Bio-Produkte. Die Eskalation legt aber bei vielen Akteuren in der Branche auch eine Abneigung gegen Innovation offen, die mitunter sogar der Umwelt schaden kann."

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

züchterin Stephanie Franck öffentlich disputieren (*Die Zeit*, 2017a). Carl-Albrecht Bartmer, laut *Die Zeit* „einflussreichster Bauer Deutschlands", kommt im Interview zu dem Schluss: „Mit den neuen Technologien müssen wir sehr offen und transparent umgehen. Wir müssen sagen, was wir damit wollen. Das Gute an ihnen ist: Sie werden nicht nur von den großen Multis beherrscht. Sie bieten auch kleinen und mittelständischen Züchtern große Chancen" (*Die Zeit*, 2017b). Er schließt an das Industrialisierungsnarrativ der grünen Gentechnologie mit einer Abgrenzung an: Genome-Editing gilt in diesem Sinn als Demokratisierung, weil die Verfahren potenziell nun größeren Kreisen zur Verfügung stehen. Wir können solche Beispiele als Indiz dafür nehmen, dass Bewegung in das eingeübte Rollenspiel des Gentechnologiediskurses kommt, indem auf die veränderten Marktstrukturen verwiesen und die Frontstellung zwischen konventioneller Landwirtschaft und Biolandbau aufgeweicht wird.

An der Berichterstattung bezüglich der landwirtschaftlichen Nutzung ist bemerkenswert, dass das Sprechen über Gentechnik selbst zum Thema wird. Es wird als Konflikt beschrieben, bei dem sich Befürworter/-innen und Gegner/-innen einer möglichen Anwendung unversöhnlich gegenüberstehen. Interpretiert wird der Dissens weniger in der Kategorie des Wissens, als vielmehr in der des Glaubens. Dabei gelten insbesondere die Ablehnenden als „Ideologen". So heißt es etwa in der *SZ*: „Abgesehen davon, dass diese Debatte zu ideologisch geführt wird, krankt sie an einem wesentlichen Punkt: es gibt sie gar nicht: *die* grüne Gentechnik" (*SZ*, 2016c). In eine ähnliche Richtung geht die Einschätzung, „die Grünen [wollten über Fakten] beim Thema Gentechnik nicht reden" (*SZ*, 2017a). Eine aus der Einschätzung abzuleitende Konsequenz zieht Urs Niggli, wenn er konstatiert: „Es wäre sogar ethisch fragwürdig, eine im gesättigten Deutschland geprägte landlustifizierte Öko-Ideologie auf Erdteile zu übertragen, wo Reiskörner das Überleben bedeuten" (SZ, 2016a). Dieses – oftmals in Bezug auf die Ernährungssicherheit – angeführte Argument gewinnt angesichts der Zunahme der Weltbevölkerung an Dringlichkeit. Offen bleibt allerdings aktuell, welche Folgerungen daraus zu ziehen sind.[25]

Auch wenn also der Konflikt in Bezug auf die landwirtschaftliche Nutzung auch beim Genome-Editing medial präsent bleibt, tun sich doch neue Schauplätze auf. Beispielsweise werden „Erneuerer" gegen „Traditionalisten" gestellt, wenn es in der *SZ* heißt, die Methoden griffen „wie jede Züchtung [...] ins Erbgut ein, aber mit modernen Mitteln. Und deshalb wird auf das Heftigste gegen sie gekämpft. Es ist ein Kampf, der allzu vertraut ist. Die alte Gentechnik hat den Begriff GVO in den 1990er Jahren

25 Ob es etwa durch CRISPR/Cas zu einer Neubewertung bestimmter gentechnischer Eingriffe an Pflanzen durch die Öffentlichkeit kommt, bleibt abzuwarten (vgl. Müller-Röber et al., 2015).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

nachhaltig geprägt – und negativ besetzt, weil ihre Werkzeuge fast nur zur Erzeugung transgener Pflanzen genutzt wurden" (*SZ*, 2017a). Hier knüpft der aktuelle Konflikt an vorausgegangene Debatten an, ohne diese fortzuführen. Vielmehr wird geschlussfolgert, die Auseinandersetzung mit der grünen Gentechnologie habe bestimmte Begriffe so imprägniert, dass auch die gegenwärtige Debatte betroffen sei. Zur Situation des Genome-Editings heißt es im gleichen Artikel weiter: „Die neuen Pflanzenzüchtungsmethoden lösen diese scheinbar klare Trennung zwischen der guten Züchtung und der bösen Gentechnik nun jedoch auf". Diese rationale Einordnung schreibt dem Genome-Editing ein Befriedungspotenzial zu. Aber die Rechnung ist an dieser Stelle ohne eine Öffentlichkeit gemacht: „Doch die Angst vor der alten Gentechnik hat der allgemeinen Akzeptanz für Produkte aus den Saatgutlaboren zu sehr geschadet. Jede Art von technischer Manipulation im Erbgut wird heute als eklatanter Übergriff auf die Natur empfunden" (ebd.).

Eine der vielen Besonderheiten des Genome-Editings besteht darin, dass die Methode die Tier- und Pflanzenzucht wie auch die industrielle Biotechnologie verändern kann. Sie findet zudem Anwendung in der somatischen Gentherapie und macht Keimbahneingriffe möglich. Viele Artikel, aber auch viele Veranstaltungen, die zum Thema durchgeführt werden, haben das Genome-Editing insgesamt zum Gegenstand und nehmen dabei auch medizinische Anwendungen in den Blick. Thea Dorn etwa fragt in *Die Zeit*: „Gerade erfinden Forscher das Menschsein neu. Und was tun wir? Ängstigen uns vor Gentomaten". Und weiter: „Aber warum eigentlich sind wir so schnell bereit, die Errungenschaften der ‚roten' – also der medizinisch-therapeutisch genutzten Gentechnik als eindeutigen Fortschritt zu begrüßen, während wir ebenso schnell bereit sind, ‚grüne' – also landwirtschaftlich genutzte – Gentechnik als Teufelszeug zu verdammen?" (*Die Zeit*, 2016). Andere Artikel fokussieren nur auf den „roten" Anwendungsbereich (*SZ*, 2016d). Welchen Ausgang ein solches Nebeneinander begünstigt, ist ungewiss. Insbesondere therapeutischer Nutzen vermag aber einen Blick auf Potenziale zu schärfen. Gentherapiestudien sind entsprechend regelmäßig Gegenstand printmedialer Berichterstattung, etwa, als erstmalig ein Patient direkt im Körper durch Genome-Editing behandelt wurde, um das Hunter-Syndrom zu beseitigen (siehe hierzu: *SZ*, 2017b).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

7.5 Genome-Editing kommunizieren? Vom Bemühen um Öffentlichkeit zur Offenheit für gesellschaftliche Interessen

Die gewonnenen Beobachtungen in Bezug auf die öffentliche Kommunikation des Genome-Editings deuten an, dass sich deren Aushandlung im Vergleich zu früheren Debatten offensichtlich verändert. Der Kreis derjenigen, die für Wissenschaftskommunikation eintreten, und derjenigen, die Wissenschaft tatsächlich kommunizieren, erscheint heterogener.[26] Auch in thematischer Hinsicht ergeben sich Unterschiede: Durch Technologien evozierte gesundheitliche Risiken scheinen dabei weniger zentral; bezogen auf die landwirtschaftliche Anwendung gilt dieser Rahmen oftmals lediglich als Relikt vorangegangener Debatten. Gerade dadurch, dass eine Technologie in ganz unterschiedlichen Anwendungsgebieten nutzbar ist, öffnet sich die Aushandlung für an sie gerichtete Fragestellungen. Zur Erinnerung: In Asilomar waren beispielsweise noch Umweltwirkungen oder die Eugenik-Debatte weitgehend unbeachtet geblieben (Jasanoff et al., 2015; Hogan, 2016). Die oben genannten Verhandlungsgegenstände deuten an, dass die Kommunikation der Genome-Editing-Verfahren eine Vielzahl von Themen vereint und auch so die oben beschriebenen Rahmen in Bezug auf Plausibilitäten neu justiert. Die in diesen Rahmen verhandelten Themen erweisen sich wiederum – wenig überraschend – als an entsprechende andere aktuelle Aushandlungen anschlussfähig. Etwa in dem Sinne, wenn CRISPR als Instrument der Demokratisierung verhandelt oder wenn über Kosten der Solidargemeinschaft nachgedacht wird. Sie sind, um es anders zu sagen, zeitdiagnostisch lesbar. Selbiges gilt für ein Verständnis von Wissenschaftskommunikation. Das, was und wie also kommuniziert wird, lässt Rückschlüsse auf unterschiedliche Ebenen zu.

Wenn wir eingangs die Diskrepanz zwischen engagierter Beachtung involvierter beziehungsweise informierter Kreise und scheinbar distanzierter Betrachtung der breiteren Öffentlichkeit als Herausforderung beschrieben haben, dann weil wir davon ausgehen, dass die Technologien in ihren möglichen Wirkungen zukünftig die Lebenswirklichkeit von Bürgern und Bürgerinnen mit bestimmen könnten. Etwa, indem sie im Supermarkt vor Kaufentscheidungen gestellt werden oder indem ihre Wahlmöglichkeiten erweitert oder aber eingeschränkt werden. Wissenschaftskommunikation ist also (auch) daraufhin zu befragen, wie ihre Formate für unterschiedliche Fragestellungen sensibilisieren, wie sie informieren kann (und was ihnen als Information gilt) und wie

26 So beobachtete Hogan (2016) bei zwei Veranstaltungen zum Genome-Editing in den USA eine im Vergleich zu Asilomar deutlich größere Vielfalt von Teilnehmenden, die auch Ethiker/-innen, Historiker/-innen, Sozialwissenschaftler/-innen und Aktivisten und Aktivistinnen einschloss.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

es möglich ist, durch entsprechende Angebote Teilnehmende dazu zu bewegen, in den Debatten in einem demokratischen Sinn zu partizipieren. Grundvoraussetzung hierfür ist nicht nur ein Interesse an Haltungen zugrunde liegenden Emotionen, Intuitionen oder kulturellen Hintergrundüberzeugungen, sondern auch die Bereitschaft, voneinander zu lernen.

7.5.1 Warum ist eine Debatte über Genome-Editing wichtig?

Der Ruf nach einer Debatte über Genome-Editing bedarf konkreter Zielsetzungen. Es besteht weitgehende Einigkeit, dass eine frühzeitige Debatte der Implikationen des Genome-Editings wünschenswert ist, da sonst bewusst oder unbewusst (regulatorische) Weichenstellungen erfolgen, die später kaum noch oder nur zu hohen Kosten revidierbar sind. Nicht außer Acht gelassen werden sollte dabei das als Collingridge-Dilemma bekannte Problem, dass der Vorzug der Eingriffsmöglichkeit gegebenenfalls durch weniger konkrete Vorstellungen über die möglichen Auswirkungen einer Technologie erkauft wird,[27] die im frühen Stadium noch nicht überblickt werden können (Collingridge, 1980).

7.5.2 Wer sollte an der Debatte beteiligt sein?

Die Öffnung des Diskurses ist getragen durch den Appell, dass die durch die Technologien hervorgerufenen Fragen nur interdisziplinär beantwortet werden können. Die Vielzahl entsprechender Veranstaltungen belegt dies eindrücklich. Hier begegnen sich routiniert Vertreter/-innen der Natur- und Geisteswissenschaften, hier trifft sozialwissenschaftliche auf rechtliche Expertise. Wie voraussetzungsreich es aber ist, ein tatsächliches Gespräch zu initiieren, auch davon sprechen die vielen Abendveranstaltungen, die Genome-Editing zum Thema machen.

Der Rahmen, in dem sich diese Formate bewegen, entspricht weitgehend den Gewohnheiten der Wissenschaft. Andere, projektförmig organisierte partizipative Ansätze erreichen oftmals nur spezifische gesellschaftliche Teilbereiche oder lassen, wo Inklusion durch das Verfahren erwirkt wird, bestimmte gesellschaftliche Perspektiven aufgrund der Gestaltung des Verfahrens unberücksichtigt.

Bereits die Rahmung einer Debatte als wissenschaftlich und die Verwendung entsprechender Narrative kann diejenigen ausschließen, für die Wissenschaft nicht un-

27 Zur Technikfolgenabschätzung in frühen Stadien der Entwicklung siehe Grunwald/Sauter (Kap. 10).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

mittelbar relevant oder schlicht außerhalb des lebensweltlichen Horizonts und fern alltäglicher Bezugspunkte liegen. Dagegen kommt es bei der geforderten Debatte gerade darauf an, auch solche Perspektiven und Interessen abzubilden. Denn mit ihnen sind bestimmte Werte, Emotionen und Erfahrungen verbunden, die in der Beurteilung des Genome-Editings berücksichtigt werden müssen, um zwischen den Alternativen der zukünftigen Entwicklung abwägen zu können.[28] Dies gilt bereits auf der Ebene der Kommunikation, also der Vermittlung entscheidungsrelevanter Informationen an die Öffentlichkeit. Insbesondere aber gilt es auf der Ebene der Konsultation (als Einholen von Kommentaren gesellschaftlicher Akteure und Akteurinnen wie z. B. Betroffenenverbänden) und der Partizipation, bei der es um den wechselseitigen Austausch und die Diskussion anstehender Entscheidungsoptionen zwischen Vertretern und Vertreterinnen der Öffentlichkeit und den jeweils Ausrichtenden geht (Rowe/Frewer, 2005). Zumindest auf dieser Ebene der Wissenschaftskommunikation sind Laien nicht in erster Linie Adressaten und Adressatinnen, sondern gleichberechtigte Teilnehmende der Kommunikation.

7.5.3 Welche Kommunikationsformen eignen sich für eine Debatte?

Nicht zuletzt die Erfahrungen der grünen Gentechnologie-Debatte zeigen, dass ein Verständnis von Wissenschaftskommunikation allein als Vermittlung von Wissen an ein – als unwissend vorgestelltes – Publikum der Problematik potenziell weitreichender und umstrittener wissenschaftlicher Entwicklungen nicht gerecht wird. Neben der Rolle der Rezipienten und Rezipientinnen lässt sich auch die Bedeutung des Wissensbegriffs problematisieren: Denn Wissen als faktisch Richtiges wird zwangsläufig begleitet von Nichtwissen, zudem unterliegt es der Bewertung aus der Perspektive bestimmter Normen, Überzeugungen und auch Traditionen, die einer Überprüfung ihrer Faktizität nicht zugänglich sind. Hier stößt wissenschaftliches Wissen zwangsläufig an Grenzen, und lebensweltliche Wissensbestände müssen nicht nur in Kauf genommen werden, sondern sind in der öffentlichen Diskussion unterschiedlicher Sichtweisen gerade erwünscht und gesucht. Außerdem können die Argumente nur dann konstruktiv ausgetauscht und die Ergebnisse wirksam werden, wenn sich ein grundsätzliches gemeinsames Verständnis von und Interesse an der Diskussion erreichen lässt. Wenn

28 Auch die Einbindung wissenschaftlich Interessierter, aber außerhalb der institutionellen Wissenschaft Agierender (bspw. die Gruppe der Do-it-yourself-Biologen; Sauter et al., 2015) ist wertvoll und verspricht interessante Impulse in der Debatte. Nicht zuletzt handelt es sich bei der wissenschaftlichen Gemeinschaft nicht um eine einheitliche Gruppe, vielmehr sind in ihr sowohl disziplinär als auch weltanschaulich ganz unterschiedliche Positionen vertreten, die Berücksichtigung verdienen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

dagegen die Themen der Debatte vorgegeben sind (wie beim Asilomar-Treffen), bleiben wichtige Spielräume der Diskussion von vornherein verschlossen. Die Konsequenz ist naheliegend, dass sich eine solche Debatte nicht durch einzelne Formate, sondern nur mittels einer Vielzahl ganz unterschiedlicher Arenen und Formen der Kommunikation führen lässt.

7.5.4 Schlussfolgerungen

Es mangelt heutzutage nicht am Ruf nach oder dem Interesse für Öffentlichkeit, davon sprechen nicht nur die Vielzahl an Stellungnahmen, sondern auch das Antragswesen von Forschungsprojekten mit der Forderung nach gesellschaftlichem „Impact". Wenngleich (natur-)wissenschaftliche Wissensbestände in diesem Kontext nicht per se privilegiert sind und eine interdisziplinäre Perspektive angeregt wird, die ethische, rechtliche und gesellschaftspolitische Dimensionen des Themas berücksichtigt, erweist sich das Zusammenbringen der Disziplinen als so notwendig wie voraussetzungsreich: Wie gehen wir etwa mit unterschiedlichen Bedeutungszuschreibungen spezifischer Begriffe – etwa im Paradigma der Natur/Natürlichkeit oder dem oftmals seitens der Industrie vorgebrachten Verweis, es handle sich um „naturidentische Produkte" – um? Daran schließt die Frage an, welches Wissen es gegenüber einer Öffentlichkeit zu kommunizieren gilt. Wir haben uns bereits für das Einbeziehen möglichst unterschiedlicher Personenkreise ausgesprochen. Diese als Gesprächspartner/-innen wahrzunehmen, hat deutlichen Einfluss auf die Grenzziehung zwischen Laien sowie Experten und Expertinnen. Die Frage, wer an der Kommunikation beteiligt sein sollte, ist zumindest auf der Oberfläche also einfach zu beantworten: so viele und so unterschiedliche Perspektiven wie möglich. Dabei gilt es aber, klar zwischen ganz unterschiedlichen Zielsetzungen entsprechender Formate der Wissenschaftskommunikation zu unterscheiden. Nicht alle Formate eignen sich gleichermaßen für alle möglicherweise identifizierten Gruppen.

Verbindend sollte allen unterschiedlichen Formaten der Wissenschaftskommunikation sein, dass sie Entscheidungen nicht vorwegnehmen, sondern vom Moment der Themenstellung an offen für unterschiedliche Alternativen sind. Die Debatten einordnen zu können, setzt zudem eine Reflexion über die Kommunikation voraus.

Die Betrachtung macht deutlich, dass die Vorstellung der Steuerung einer solchen Debatte, wie sie in manchen der Aufrufe, die Öffentlichkeit frühzeitig in die Diskussion über Genome-Editing einzubeziehen, aufscheint, illusorisch und zudem wenig wünschenswert ist. Der Ruf nach Öffentlichkeit ist ein Ruf nach Beteiligung. Diese kann nur gelingen, wenn Orte geschaffen und Verfahren etabliert werden, an denen die Mo-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

tive, Einstellungen und Hintergrundüberzeugungen artikuliert und ernst genommen werden. Diese Orte und Verfahren zu erfinden ist das eine. Das, was dort zur Sprache kommen wird, auch zu hören und darüber zu streiten, ist das andere. Nur wenn beides zusammen kommt, wird der Kampf um die Deutungshoheit, was Wissenschaft soll und darf, zu einem demokratischen Gespräch.

7.6 Literatur

Acatech (Hrsg.) (2012): Perspektiven der Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Randbedingungen, Formate. Springer Verlag, Heidelberg.

Albrecht, S. et al. (2017): Grüne Gentechnik und Genome Editing. Erfordernisse einer Neuausrichtung der Wissenschaftskommunikation. In: TATuP 26(3): 64–69. DOI: 10.14512/tatup.26.3.64.

Baltimore, D. et al. (2015): A Prudent Path Forward for Genomic Engineering and Germline Gene Modification. In: Science 348(6230): 36–38. DOI: 10.1126/science.aab1028.

Barrangou, R. (2014): Cas9 Targeting and the CRISPR Revolution. In: Science 344(6185): 707–708.

BfR (2017a) = Bundesamt für Risikobewertung: Verbraucher Monitor 02/2017. Unter: http://www.bfr.bund.de/epaper/verbrauchermonitor_2017_deutsch/files/assets/common/downloads/BfR-Verbrauchermonitor_022017.pdf [17.05.2018].

BfR (2017b) = Bundesinstitut für Risikobewertung: Durchführung von Fokusgruppen zur Wahrnehmung des Genome Editings (CRISPR/Cas 9). Abschlussbericht. Unter: http://www.bfr.bund.de/cm/350/durchfuehrung-von-fokusgruppen-zur-wahrnehmung-des-genome-editings-crispr-cas9.pdf [17.05.2018].

Birnbacher, D. (2006): Natürlichkeit. De Gruyter, Berlin.

BMBF (2016) = Bundesministerium für Bildung und Forschung: Bekanntmachung. Richtlinie zur Förderung eines Ideenwettbewerbs „Neue Formate der Kommunikation und Partizipation in der Bioökonomie“. Bundesanzeiger vom 20.09.2016. Unter: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1249.html [17.05.2018].

BMBF (2017) = Bundesministerium für Bildung und Forschung: Bekanntmachungen. Richtlinie zur Förderung von Forschungsvorhaben der Pflanzenforschung „Nutzpflanzen der Zukunft“ im Rahmen der Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030. Bundesanzeiger vom 12.04.2017. Unter: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1342.html [17.05.2018].

BMBF (2017) = Bundesministerium für Bildung und Forschung: Bekanntmachung. Richtlinie zur Förderung von internationalen Klausurwochen auf dem Gebiet der ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte der modernen Lebenswissenschaften. Bundesanzeiger vom 12.10.2017. Unter: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1428.html [17.05.2018].

BMBF (2017) = Bundesministerium für Bildung und Forschung: Bekanntmachung. Neufassung der Förderrichtlinie Ideenwettbewerb „Neue Produkte für die Bioökonomie“ im Rahmen der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“. Bundesanzeiger vom 28.12.2017. Unter: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1519.html [17.05.2018].

Bonfadelli, H. et al. (Hrsg.) (2017): Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation. Springer VS, Wiesbaden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Böschen, S. et al. (2010): Scientific Nonknowledge and Its Political Dynamics. The Cases of Agri-Biotechnology and Mobile Phoning. In: Science, Technology, & Human Values 35(6): 783–811.
Boysen, M. (2012): Grüne Gentechnik. Konflikte mit Fortsetzung bei der Synthetischen Biologie? In: Weitze, M.-D. et al. (Hrsg.): Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Analysen, Aktivitäten. Acatech, München/Berlin: 15–64.
Burns, T.W. et al. (2003). Science Communication. A Contemporary Definition. In: Public Understanding of Science 12(2): 183–202.

Camporesi, S. et al. (2017): Investigating Public Trust in Expert Knowledge. Narrative, Ethics and Engagement. In: Journal of Bioethical Inquiry 14(1): 23–30. Unter: https://research-information.bristol.ac.uk/files/108427446/art_3A10.1007_2Fs11673_016_9767_4.pdf [17.05.2018].
CDU et al. (2013): Deutschlands Zukunft gestalten. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. Unter: https://www.cdu.de/sites/default/files/media/dokumente/koalitionsvertrag.pdf [02.09.2017].
Collingridge, D. (1980): The Social Control of Technology. Frances Pinter, London.
Corbyn, Z. (2015): Biology's Big Hit. In: Nature 528, 03.12.2015: 4–5.

Der Spiegel (1993): Frankenfood im Tiefkühlfach. 12.04.1993.
Deutscher Ethikrat (2017): Keimbahneingriffe am menschlichen Embryo. Deutscher Ethikrat fordert globalen politischen Diskurs und internationale Regulierung. Ad-hoc-Empfehlung. Deutscher Ethikrat, Berlin. Unter: http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/empfehlung-keimbahneingriffe-am-menschlichen-embryo.pdf [18.05.2018].
Die Zeit (2016): Wo bleibt der Aufschrei? 29.06.2016.
Die Zeit (2017a): Das meinst du nicht im Ernst! 23.01.2017.
Die Zeit (2017b): Wir brauchen Vielfalt. 09.03.2017.

EASAC (2017) = European Academies Science Advisory Council: Genome Editing. Scientific Opportunities, Public Interests and Policy Options in the European Union. EASAC Policy Report 31, March 2017. Halle.
Edelman (2018): 2018 Edelman Trust Barometer. Global Report. Unter: http://cms.edelman.com/sites/default/files/2018-01/2018%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Global%20Report.pdf [17.05.2018].
European Commission (2009): Challenging Futures of Science in Society. Emerging trends and cutting-edge issues. The MASIS report. Publications Office of the European Union, Luxembourg: 50.
European Commission (Hrsg.) (2010): Eurobarometer 73.1: The European Parliament, Biotechnology, and Science and Technology, Brüssel.

F.A.Z. (2016a) = Frankfurter Allgemeine Zeitung: Der Grund des Lebens. 17.05.2016.
F.A.Z. (2016b) = Frankfurter Allgemeine Zeitung: Eine neue Ära? 07.10.2016.

Gaskell, G. et al. (2017): Public Views on Gene Editing and its Uses. In: Nature Biotechnology 35(11): 1021–1023.
Gill, B. (1993): Partizipative Technikfolgenabschätzung. Wie man Technology Assessment umwelt- und sozialverträglich gestalten kann. In: Wechselwirkung 15(63): 36–40.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Gill, B. (2011): Visionen und Dämonen der Biotechnologie. In: Kehrt, C. et al. (Hrsg.): Neue Technologien in der Gesellschaft. Akteure, Erwartungen, Kontroversen und Konjunkturen. transcript, Bielefeld: 223–235.

Gill, B. (2012): Utilitaristische Motive der Kritik. Warum die europäischen Bauern mehrheitlich nicht so begeistert von der Gentechnik sind. In: Weitze, M.-D. et al. (Hrsg.): Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Analysen, Aktivitäten. Acatech, München: 65–67.

Greenpeace (2013): Deutsche wollen keinen Gen-Mais. Unter: https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/umfrage_1507_ergebnisse.pdf [18.05.2017].

Hampel, J./Torgersen, H. (2010): Der Konflikt um die Grüne Gentechnik und seine regulative Rahmung. Frames, Gates und die Veränderung der europäischen Politik zur Grünen Gentechnik. In: Feindt, P./Saretzki, T. (Hrsg.): Umwelt- und Technikkonflikte. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden: 143–162.

Hartley, S. et al. (2016): Essential Features of Responsible Governance of Agricultural Biotechnology. In: PLOS Biology 14(5): e1002453. DOI:10.1371/journal.pbio.1002453.

Hogan, A. (2016): From Precaution to Peril. Public Relations Across Forty Years of Genetic Engineering. In: Endeavour 40(4): 218–222.

Hurlbut, J. B. (2015): Limits of Responsibility: Genome Editing, Asilomar, and the Politics of Deliberation. In: Hastings Center Report 45(5): 11–14.

International Monsanto Tribunal (2017): Unter: http://de.monsantotribunal.org/ [18.05.2017].

ISAAA (2014) = International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications: Brief 49. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. Unter: http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/ [17.05.2018].

Jasanoff, S. (1995): Product, Process or Programme. Three Cultures and the Regulation of Biotechnology. In: Bauer, M. (Hrsg.): Resistance to New Technology. Nuclear Power, Information Technology and Biotechnology. Cambridge University Press, London: 311–331.

Jasanoff, S. (2003): Technologies of Humility. Citizen Participation in Governing Science. In: Minerva 41(3): 223–244.

Jasanoff, S. et al. (2015): CRISPR Democracy. Gene Editing and the Need for Inclusive Deliberation. In: Issues in Science and Technology 32(1). Unter: http://issues.org/32-1/crispr-democracy-gene-editing-and-the-need-for-inclusive-deliberation/ [18.05.2018].

Jasanoff, S./Hurlbut, J. B. (2018): A Global Observatory for Gene Editing. In: Nature 555: 435–437. Unter: https://www.nature.com/articles/d41586-018-03270-w [17.05.2018].

Kahan, D. et al. (2009): Cultural Cognition if the Risks and Benefits of Nanotechnology. In: Nature Nanotechnology 4(2): 87–90.

Karafyllis, N. (2017): Grüne Gentechnik. Pflanzen im Kontext von Biotechnologie und Bioökonomie. In: Kirchhoff, T./Karafyllis, N. (Hrsg.): Naturphilosophie. Mohr Siebeck, Tübingen: 281–290.

Kearnes, M. et al. (2006): From Bio to Nano: Learning Lessons from the UK Agricultural Biotechnology Controversy. In: Science as Culture 15(4): 291–307.

Könninger, S. (2016): Genealogie der Ethikpolitik. Nationale Ethikkomitees als neue Regierungstechnologie. Das Beispiel Frankreichs. transcript, Bielefeld.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Lanphier, E. et al. (2015): Don't Edit the Human Germ Line. In: Nature 519: 410–411. DOI: 10.1038/519410a.
Leopoldina et al. (2015): Chancen und Grenzen des genome editing. The opportunities and limits of genome editing. Halle. Unter: https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2015_3Akad_Stellungnahme_Genome_Editing.pdf [18.05.2018].
Leopoldina (2017): Ethische und rechtliche Beurteilung des genome editing in der Forschung an humanen Zellen. Diskussion Nr. 10, Halle. Unter: https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2017_Diskussionspapier_GenomeEditing.pdf [02.04.2018].
Leopoldina/IfD (2015): Die Synthetische Biologie in der öffentlichen Meinungsbildung. Überlegungen im Kontext der wissenschaftsbasierten Beratung von Politik und Öffentlichkeit. Diskussion Nr. 3, Halle. Unter: http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2015_Synthetische_Biologie_DE.pdf [18.05.2018].
Luhmann, N. (1968): Vertrauen. Ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität. F. Enke Verlag, Stuttgart.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2015): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos, Baden-Baden.
Murugan, K. et al. (2017): The Revolution Continues. Newly Discovered Systems Expand the CRISPR-Cas Toolkit. In: Molecular Cell 68: 15–25. DOI: 10.1016/j.molcel.2017.09.007.

NASEM (2017) = National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: Human Genome Editing. Science, Ethics, and Governance. The National Academies Press, Washington DC. Unter: https://www.nap.edu/catalog/24623/human-genome-editing-science-ethics-and-governance [17.05.2018].
Nestler, R. (2016): Nobelpreisträger fordern Greenpeace zum Umdenken auf. In: Der Tagesspiegel Online vom 05. 07. 2016. Unter: www.tagesspiegel.de/wissen/ gruene-gentechnik-nobelpreistraeger-fordern-greenpeace-zum-umdenkenauf/13809758.html [18.05.2018].

Reich, J. et al. (2015): Genomchirurgie beim Menschen. Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Analyse der Interdisziplinären Arbeitsgruppe der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Unter: https://edoc.bbaw.de/frontdoor/index/index/docId/2483 [18.05.2018].
Rowe, G./Frewer L. J. (2005): A Typology of Public Engagement Mechanisms. In: Science Technology & Human Values 30(2): 251–290.

Sauter, A. et al. (2015): Synthetische Biologie. Die nächste Stufe der Bio- und Gentechnologie. Endbericht zum TA-Projekt. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Berlin.
Schultz, T. et al. (2017): Erosion des Vertrauens zwischen Medien und Publikum? In: Media Perspektiven 5: 246–259.
Scilogs Spectrum: Über Scilogs. Unter: https://scilogs.spektrum.de/ueber-scilogs/ [18.05.2018].
SZ (2016a) = Süddeutsche Zeitung: Saatgut für die Welt. 23.09.2016. Unter: http://www.sueddeutsche.de/politik/gastbeitrag-saatgut-fuer-die-welt-1.3175558 [17.05.2018].
SZ (2016b) = Süddeutsche Zeitung: Öko pur. 17.04.2016.
SZ (2016c) = Süddeutsche Zeitung: Grüne Gentechnik ist ein Griff ins Dunkle. 16.09.2016.
SZ (2016d) = Süddeutsche Zeitung: Der Traum von Heilung. 12.07.2016.
SZ (2017a) = Süddeutsche Zeitung: Neue Pflanzen. 20.01.2017.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

SZ (2017b) = Süddeutsche Zeitung: Operation am Erbgut. 21.12.2017.

Torgersen, H./Schmidt, M. (2013): Frames and Comparators. How Might a Debate on Synthetic Biology Evolve? In: Futures 48: 44–54.

Travis, J. (2015): Making the Cut: CRISPR Genome-editing Technology Shows Its Power. In: Science 350(6267): 1456–1457.

van den Daele, W. (2012): Grenzen der Konfliktlösung durch Dialog. Wäre die Blockade der Grünen Gentechnik in Europa durch bessere Wissenschaftskommunikation vermeidbar gewesen? In: Weitze, M.-D. et al. (Hrsg.): Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Analysen, Aktivitäten. Acatech, München/Berlin: 413–426.

Weitze, M.-D./Heckl, W.M. (2016): Wissenschaftskommunikation. Schlüsselideen, Akteure, Fallbeispiele. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.

Wissenschaft im Dialog (2016): Wissenschaftsbarometer 2016. Berlin. Unter: https://www.wissenschaft-im-dialog.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Wissenschaftsbarometer/Dokumente_16/Wissenschaftsbarometer2016_web.pdf [18.05.2018].

YouGov (2016): Genome Editing bei Lebensmitteln. Forschungssensation oder Konsumentenkatastrophe? YouGov Reports. Unter: https://yougov.de/news/2016/09/19/genome-editing-bei-lebensmitteln-nicht-abschatzbar/ [17.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Sigrid Graumann

Spotlight 2: Genome-Editing der menschlichen Keimbahn aus der Perspektive von Menschen mit Behinderung

In der aktuellen Debatte über den Einsatz des Genome-Editings in der Keimbahn des Menschen[1] fällt auf, dass das Ziel der Verhinderung von schwerer Krankheit und Behinderung den Einsatz gentechnischer Methoden – hier von CRISPR/Cas[2] – quasi von selbst zu legitimieren scheint. Genome-Editing bezeichnet in diesem Kontext die Herbeiführung gezielter genetischer Veränderungen mithilfe von CRISPR/Cas bei frühen menschlichen Embryonen. Die genetische Veränderung könnte damit auch an folgende Generationen weitergegeben werden.

Wenn in Debatten über Biomedizin und Gentechnik auf die Verhinderung von Behinderung Bezug genommen wird, werden in der Regel drei implizite Voraussetzungen gemacht: erstens, wir wissen, was Behinderung ist, nämlich eine defektbedingte Abweichung von der Norm; zweitens, eine Behinderung ist mit schwerem Leiden verbunden; und drittens, weil das so ist, sollte Behinderung in jedem Fall und damit auch um den Preis der Verhinderung der Existenz von Menschen mit Behinderung bekämpft werden (vgl. Scully, 2008: 2). Alle drei Voraussetzungen sind allerdings aus der Sicht von Menschen mit Behinderung – sowohl allgemein als auch konkret mit Blick auf das Genome-Editing – kritisch zu hinterfragen.

---

1 Beim Einsatz des Genome-Editings beim Menschen kann zwischen einer somatischen Gentherapie, die auf Körperzellen abzielt, und einer Keimbahntherapie, welche Keimzellen betrifft, unterschieden werden. Rein somatische Änderungen sind im Gegensatz zu Keimbahnveränderungen nicht vererbbar. Allerdings sind die Grenzen fließend, da Keimbahnänderungen auch als Nebenfolge somatischer Eingriffe entstehen können. Dieser Beitrag hat in erster Linie die Keimbahntherapie im Blick. Irreführende Vorstellungen von Behinderung kommen jedoch auch im Kontext der somatischen Gentherapie vor. Siehe hierzu etwa Wolbring/Diep, 2016.

2 Es gibt verschiedene Werkzeuge für das Genome-Editing. Das neueste und derzeit am breitesten diskutierte ist das CRISPR/Cas-System. Dabei erkennt das Cas-Enzym (sog. „Gen-Schere") über eine hinzugefügte Leit-RNA zielgerichtet eine bestimmte DNA-Sequenz im Genom und schneidet die DNA an dieser Stelle. Danach sorgen zelleigene Reparaturmechanismen für eine Reparatur der DNA.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

1. In der Vorstellung, Behinderung sei als defektbedingte Normabweichung zu verstehen, zeigt sich das (bio-)medizinische Modell von Behinderung, das vonseiten der Disability Studies nicht zu Unrecht unter Ideologieverdacht gestellt wird. Mit der Vorstellung von Behinderung als Normabweichung wird eine Konstruktion von Normalität vorausgesetzt, die sich keineswegs alleine aus biologischen Fakten ergibt. Behinderung wird primär auf geno- oder phänotypische Defekte zurückgeführt (dabei ist schon der Zusammenhang zwischen Genotyp und Phänotyp höchst komplex), während physische und soziale Barrieren tendenziell ausgeblendet werden. Aus der Perspektive von Menschen mit Behinderung ist es aber weniger ihre individuelle Beeinträchtigung, die sie als behindernd erleben, sondern vielmehr die Barrieren in Umwelt und Gesellschaft, denen sie ausgesetzt sind. Deshalb wurde dem (bio-)medizinischen Modell vonseiten der Disability Studies das soziale Modell von Behinderung gegenübergestellt, demzufolge es die Wechselwirkung zwischen der individuellen Beeinträchtigung und den Barrieren in Umwelt und Gesellschaft ist, die eine Behinderung ausmacht (Oliver, 1996). Gregor Wolbring, ein kanadischer Vertreter der Disability Studies, unterstellt vor diesem Hintergrund den Forschern und Klinikern, die Behinderung mithilfe von Genome-Editing bekämpfen wollen, „‚ableism', a view that disability is an abnormality instead of a feature of human diversity" (2015). Mit dem sozialen Modell von Behinderung geht die gesellschaftspolitische Forderung einher, die Priorität auf den Abbau von Barrieren in Umwelt und Gesellschaft und nicht auf die gentechnologische Forschung zu setzen. So argumentiert Tom Shakespeare, ein britischer Vertreter der Disability Studies: „People with disabilities are, in my view, unlikely to be queuing up for genetic modification: their priority is to combat discrimination and prejudice" (2015).
2. Der Zusammenhang zwischen Behinderung und Leiden wird in Debatten über Biomedizin und Gentechnik in aller Regel aus der Perspektive von Personen ohne Behinderung formuliert. Die dabei transportierten Werturteile aber sind aus der Sicht von Menschen mit Behinderung zum einen unzutreffend und zum anderen verletzend. Unzutreffend sind sie, weil Menschen ohne Behinderung die Lebenszufriedenheit von Menschen mit Behinderung in aller Regel systematisch unterschätzen. Dies zeigt sich etwa, wenn davon die Rede ist, dass Menschen „am Down-Syndrom leiden" oder „an den Rollstuhl gefesselt sind". Menschen mit Down-Syndrom leiden allenfalls unter den Vorurteilen, die ihnen entgegengebracht werden, und die Nutzung des Rollstuhls fesselt gehbeeinträchtige Menschen nicht, sondern ermöglicht ihre Mobilität und gesellschaftliche Teilhabe. Wichtiger noch ist aber, dass für Menschen mit Behinderung ihre individuelle Beeinträchtigung untrennbarer Teil ihrer Identität ist. Die umstandslose Gleichsetzung von Behinderung und Leiden in

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ethischen Debatten über Biomedizin und Gentechnologie erfahren sie daher als negatives Werturteil über ihre eigene Existenz (Hetzel, 2007). Und das kann wirklichen Schaden anrichten. Narrative über Identitätsmerkmale sind kulturelle Ressourcen, auf die Menschen zur Entwicklung und Vergewisserung ihrer Identität zurückgreifen. Wenn dabei negative Stereotypen dominieren, wie es hier bei der Gleichsetzung von Behinderung und Leiden der Fall ist, kann dies psychische Verletzungen mit sich bringen.

3. In Bezug auf die Annahme, Behinderung sollte in jedem Fall verhindert werden, ist vor problematischen Vereinfachungen zu warnen, wie sie etwa von Peter Sykoro und Arthur Caplan vorgenommen werden. Die beiden Autoren argumentieren, wenn sichere Keimbahninterventionen eingesetzt werden könnten, um schwere Erbkrankheiten in zukünftigen Generationen auszurotten und damit schweres Leiden zu verhindern, sollte dies auch getan werden. Befürchtete gesellschaftliche Konsequenzen wie die vage Gefahr von Eugenik könne nicht rechtfertigen, kranken und behinderten Menschen die Entwicklung von Therapien vorzuenthalten (Sykoro/Caplan, 2017a, b). Dabei übersehen sie freilich, dass mithilfe von Keimbahninterventionen keinem einzigen geborenen Menschen, der eine Krankheit hat oder mit einer Behinderung lebt, zukünftig eine Therapie angeboten werden kann. Mit Genome-Editing der Keimbahn sollen gezielte genetische Veränderungen an frühen Embryonen vorgenommen werden, die hierfür erst im Labor erzeugt werden. Warum aber sollte man das tun? Wenn es um lebensbedrohliche Erkrankungen wie Tay Sachs, Zystische Fibrose oder Chorea Huntington geht, für die die Entwicklung des Genome-Editings aktuell diskutiert wird (Mathews et al., 2015), kann mithilfe der Präimplantationsdiagnostik, die allerdings selbst ethisch umstritten ist, ohne die Inkaufnahme unkalkulierbarer Risiken durch Off-target-Effekte (unerwünschte DNA-Schnitte an anderen als der gewünschten Stelle im Genom) für das künftige Kind, dasselbe erreicht werden. Aufgrund der Erbgänge sind bei all diesen Krankheiten immer nur ein Teil der Embryonen von der Veranlagung für die entsprechende Krankheit oder Behinderung betroffen. Das heißt, dass die nicht betroffenen Embryonen ausgewählt und für die Herbeiführung einer Schwangerschaft verwendet werden können. Außerdem muss eines deutlich klar gestellt werden: Beide Verfahren, die Präimplantationsdiagnostik wie auch das Genome-Editing sind Verfahren, die im Rahmen der Kinderwunschbehandlung eingesetzt werden (würden). „Patienten“ sind die Eltern, die sich ein nicht behindertes Kind wünschen und nicht behinderte Menschen selbst! Ein Mensch, der noch gar nicht existiert, kann kein Patient sein. Die zu behandelnden Embryonen werden ja erst für die Durchführung der Therapie erzeugt. Es ist daher nicht nur stigmatisierend, durch die Beschwörung ihres

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

vermeintlichen Leidens, sondern zudem schlicht falsch, Menschen mit Behinderung für die Legitimation des Genome-Editings in Anspruch zu nehmen.

Um dieser Stigmatisierung und Instrumentalisierung von Menschen mit Behinderung in den ethischen Debatten darüber, ob und unter welchen Bedingungen Genome-Editing erforscht werden sollte, entgegenzuwirken, ist es notwendig, Sinn und Ziele der Forschung kritisch zu hinterfragen, gesellschaftliche Folgen zu berücksichtigen (vgl. Wolpe et al., 2017) und vor allem, Menschen mit Behinderung eine Stimme zu geben (Hayden, 2016).

Literatur

Check Hayden, E. (2016): Tomorrow's children. What would genome editing really mean for future generations? In: Nature 530: 402–405.

Hetzel, M. (2007): Provokation des Ethischen. Diskurse über Behinderung und ihre Kritik. Universitätsverlag Winter, Heidelberg.

Mathews, D. J. H. et al. (2015): A path through the thicket. In: Nature 527: 159–161.

Oliver, M. (1996): Understanding disability: from theory to practice. Macmillan, Basingstoke.

Scully, J. L. (2008): Disability bioethics. Moral bodies, moral differences. Rowman & Littlefield, Plymouth.

Shakespeare, T. (2015): Gene editing: Heed disability views. Correspondence. In: Nature 527: 446.

Sykora, P./Caplan, A. (2017a): The Council of Europe should not reaffirm the ban on germline editing in humans. In: EMBO Reports 18: 1871–1872.

Sykora, P./Caplan, A. (2017b): Germline gene therapy is compatible with human dignity. In: EMBO Reports 18: 2086.

Wolbring, G. (2015): Gene editing: govern ability expectations. Correspondence. In: Nature 527: 446.

Wolbring, G./Diep, L. (2016): The dicsussions around precision genetic engineering: role of and impact on disabled people. In: Laws 5(3): 37.

Wolpe, P. R. et al. (2017): Ethical principles for the use of human cellular biotechnologies. In: Nature Biotechnology 35: 1050–1058.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Teil III: Wie geht es weiter? Zur Zukunft der Gentechnologie

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Boris Fehse, Nediljko Budisa, Jens Reich, Bernd Müller-Röber und Jörn Walter

8. Blick zurück und nach vorne: Entwicklung und aktuelle Herausforderungen in verschiedenen Kernbereichen der Gentechnologie

8.1 Einführung

Die Genomforschung hat in den vergangenen Jahren eine rasante Entwicklung genommen mit weitreichenden Implikationen für den gesamten Bereich der lebenswissenschaftlichen Forschung. Die genaue Kenntnis der Genome von Lebewesen – von Mikroorganismen, über Pflanzen und Tiere bis hin zu Menschen – und ihrer Funktion ist die Grundvoraussetzung für fast alle modernen bio- und gentechnologischen Anwendungen und Verfahren (z. B. in der Medizin). Aktuell erleben viele Bereiche der Gentechnologie einen enormen Aufschwung durch neue Entwicklungen und Verfahren. Aus diesen technologischen Entwicklungen ergeben sich auch neue Zukunftsmöglichkeiten (z. B. für die personalisierte Medizin), an die sich entsprechend neue (bzw. neu gewichtete) gesellschaftliche Fragen und ethisch-rechtliche Herausforderungen knüpfen (z. B. „Big Data"). Sowohl für pflanzen- und humanbiologische als auch für synthetisch-biologische Ansätze spielen etwa die neuen Verfahren des Genome-Editings (CRISPR/Cas) eine zukunftsweisende Rolle. Die an sie geknüpften gesellschaftlichen und normativen Fragen fallen dabei je nach Forschungs- und Anwendungskontext unterschiedlich aus, weshalb sie auch für jeden Bereich einzeln adressiert und geprüft werden müssen.

Dieses Kapitel bietet aus der Sicht aktueller und ehemaliger Mitglieder der IAG *Gentechnologiebericht* einen Überblick über die Entwicklungen in unterschiedlichen Bereichen der Gentechnologie, die seit 18 Jahren beobachtet werden – von der grünen über die rote Gentechnik (Gentherapie), die Gendiagnostik bis hin zur synthetischen Biologie. Dieses Kapitel fasst die sich daraus ergebenden gesellschaftlichen und normativen Zukunftsfragen zusammen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

8.2 Funktionelle Genomforschung – Perspektiven für die personalisierte Medizin (Jörn Walter)

8.2.1 Bedeutung der humanen Genomforschung

Die Veröffentlichung der ersten (noch groben) Karte des humanen Genoms im Jahr 2000 war ein Meilenstein für die Biologie. Der direkte ökonomische Nutzen wird in einer Studie aus dem Jahr 2011 auf mehr als 800 Milliarden US$ geschätzt (Drake).[1] Die Bedeutung genetischer Daten für die Lebenswissenschaften, speziell für die Human- und Entwicklungsbiologie, die biomedizinische Forschung, die Pharmaforschung und die Biotechnologie, geht jedoch weit darüber hinaus und ist monetär nicht zu beziffern. Mittlerweile wurden Tausende menschlicher Genome sequenziert und miteinander verglichen (The 1000 Genomes Project Consortium, 2015). Das Variationsspektrum menschlicher Genome stellt sich dabei breiter dar als erwartet. Unterschiede der Basensequenz der DNA von Mensch zu Mensch liegen vor allem in Bereichen des Genoms vor, die nicht für Proteine codieren (nicht codierende DNA), und in sich wiederholenden Sequenzabschnitten (repetitive Bereiche). Bis vor Kurzem betrachtete man solche Abschnitte als „junkDNA" („Müll-DNA"), weil man dachte, sie hätten keinerlei Funktion. Diese Sichtweise hat sich inzwischen komplett geändert.

Die Vielfalt der genetischen Unterschiede stellt die Forschung derzeit noch vor große Herausforderungen. Es ist jedoch absehbar, dass die noch offenen Fragen nach den Gründen dieser Variationen und ihre Bedeutung gelöst werden und dass ein Abgleich mit den Daten vieler menschlicher Genome eine ergiebige Quelle für die funktionellen Interpretationen für die personalisierte Medizin bietet (siehe erste Ergebnisse im 1000 Genomes Project, 2015).

Im Zuge der humanen Genomsequenzierung fand eine technologische Revolution statt. Konzeptionell neue und kostengünstigere Sequenzierungstechnologien, sogenannte Next-Generation-Sequenzierungstechnologien (NGS-Technologien) eroberten den privaten und öffentlichen Forschungsmarkt. Mithilfe von NGS-Technologien kann man mittlerweile Dutzende menschlicher Genome auf einem Gerät parallel für einen geschätzten Preis von ca. 1000 US$/Genom sequenzieren (die erheblichen Kosten für die Datenaufarbeitung und -interpretation sind dabei jedoch nicht mit eingeschlossen). NGS-Technologieanwendungen werden in Kürze die bisher verwendeten Micro-Array-Technologien (sog. DNA-Chips) weitgehend ablösen. NGS-Daten bieten bei vergleich-

1 In diesem Artikel wird auf eine Schätzung von ca. 800 Milliarden US$ Bezug genommen, die in einer Studie eines Teams am Battelle Memorial Institute mit dem Hauptquartier in Columbus, Ohio, vorgestellt wurde. Allerdings wird darauf verwiesen, dass Ökonomen diese Zahlen aufgrund der verwendeten Methodik teilweise sehr skeptisch sehen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

barem Kostenaufwand tiefere und differenziertere Einsichten in die genetische Vielfalt und die molekularen Programme von Zellen und Geweben.

8.2.2 Funktionelle Genomanalyse – der Weg zum personalisierten Genom

Die Kenntnis individueller Genome ist der erste, zentrale Schritt für ein grundlegendes Verständnis der individuellen Biologie eines Menschen. Der zweite und notwendigerweise komplementäre Schritt ist die funktionelle Analyse von Genomen. Weitere NGS-Technologieanwendungen bieten hierzu ein zusätzliches Datenreservoir. Neben der genetischen Variabilität individueller Genome (Comparative Genomics) kann man vor allem die spezifische Nutzung von Genen/Genomen in Zellen und Geweben (Transcriptomics) untersuchen wie auch die epigenetischen Veränderungen an Chromosomen (Epigenomics) beziehungsweise die räumlich-funktionelle Anordnung von Chromosomen in den Zellkernen (Nucleomics).

Eine bahnbrechende jüngste Entwicklung ist die Anwendbarkeit dieser verschiedenen Omics-Technologien an einzelnen Zellen eines Menschen.[2] Einzelzell-NGS-Analytik bietet einen vollkommen neuen Zugang zur Biologie des menschlichen Organismus. Im Jahr 2017 entstand der *Human Cell Atlas*, eine international operierende öffentlich/private Initiative, gegründet mit dem Ziel, alle Zellen des menschlichen Körpers molekular, das heißt mithilfe digitaler NGS-Signaturen zu klassifizieren.[3] Mithilfe der Einzelzellanalytik wird es möglich sein, die Auswirkungen der genetischen (ererbten) und epigenetischen (umweltbedingten) Veränderungen auf die Funktion und das biologischen Gleichgewicht eines einzelnen Menschen zu untersuchen. Umfassende und bahnbrechende Ergebnisse wurden bereits für den Menschen, aber vor allem für Modellorganismen wie die Fruchtfliege und die Maus veröffentlicht.

In jüngster Zeit ist mit der sogenannten „Metagenomik" ein weiterer Zweig der vergleichenden Genomsequenzierung entstanden. Metagenomik untersucht die Genome aller Organismen in einem Habitat beziehungsweise Biotop. In der Medizin wird Metagenomik genutzt, um die persönliche Mikroflora (Bakterien/Viren) im menschlichen Magen/Darm-Trakt, auf der Haut oder im Mund-/Rachenraum zu bestimmen und diese mit metabolischen und infektiösen Veränderungen und Krankheiten zu korrelieren.

---

2 Siehe unter: https://www.singlecell.de/ sowie http://www.nature.com/polopoly_fs/1.22241!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/547019a.pdf [01.06.2018].

3 Siehe unter: https://www.humancellatlas.org/ [01.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

8.2.3 Perspektiven der Genomforschung für die personalisierte Medizin

Mithilfe vergleichender Omics-Technologien wird es möglich sein, Beziehungen zwischen individueller Genomvarianz, Krankheit und individueller Ausprägung zu bestimmen, um so die Diagnose und das Ansprechen auf Behandlungen genauer eingrenzen beziehungsweise prognostizieren zu können. Gezielte Analysen werden es ermöglichen festzustellen, in welchen Zellen und auf welche Weise ein Köper auf Veränderungen reagiert, wie nachhaltig molekulare Veränderungen zum Beispiel durch epigenetische Markierungen in den Zellen festgelegt sind und welche Rolle das biologische Alter dabei spielt. Es wird möglich sein, die Zelltypen, deren individuelle Zahl und Zusammensetzung in unserem Körper zu bestimmen. Diese Daten werden es ermöglichen Gewebe- und Organfunktionen genauer zu analysieren. Gemeinsam bilden solche Daten die Grundlagen für eine personalisierte Medizin.

Die Nutzung umfassender Genomdaten in der personalisierten Medizin setzt voraus, dass ein struktureller und konzeptioneller Wandel in der medizinischen Forschung und Anwendung vollzogen wird. Zunächst muss jedoch der Nachweis des medizinischen Nutzens erbracht werden, der eine Grundvoraussetzung für eine breite Akzeptanz dieser Analysen in der Medizin und durch Patienten darstellt. Für die voraussichtlich zu etablierende Einbeziehung „digitaler" Genomdaten in die medizinische Diagnostik bedarf es dann in einem zweiten Schritt der Schaffung einer geeigneten digitalisierten Patientendaten-Infrastruktur (hier setzt die neue Medizin-Informatik-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) an)[4] und deren Vernetzung auf der Basis vergleichbarer und austauschbarer Daten-Standards. Dies muss auch datenschutzrechtlich geregelt werden. Im Bereich der Auswertung muss der Komplexität funktioneller Genomdaten Rechnung getragen werden, indem zum Beispiel moderne Verfahren des maschinellen Lernens entwickelt werden, um aus NGS-Daten relevante Informationen schnell und medizinisch einfach umsetzbar extrahieren zu können. Modellbildungen und komplexe statische Testverfahren werden dabei eine wichtige Rolle spielen, um Genauigkeit und Wahrscheinlichkeiten der Aussagen zu bestimmen. Insgesamt wird die Medizin (und Biologie) des 21. Jahrhunderts zunehmend mathematisiert werden. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Bioinformatik – ein vergleichsweise junges Arbeitsgebiet – zurzeit rasant expandiert und dabei vor dem Problem steht, zu wenig qualifiziertes Personal zu finden. Die medizinische Interpretation umfangreicher Genomdaten bedarf allerdings einer spezialisierten Ausbildung. Das Berufsbild „medical genomics", das heißt ein zwischen Auswertung und Interpretation vermittelnder Facharzt, existiert noch nicht. Am nahesten kommt die-

4 Siehe unter: https://www.bmbf.de/de/medizininformatik-3342.html [01.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

sem zurzeit das Berufsbild des Humangenetikers. Strukturen, in denen zum Beispiel medizinische Expertenteams gemeinsam die Implikationen funktioneller Genomdaten für eine personenbezogene Therapie besprechen und festlegen, sind erst im Aufbau. Insgesamt wird es für die genomorientierte digitale Medizin 4.0 eine große Herausforderung werden, empirisches und (historisch) gesammeltes Wissen der Lebenswissenschaften und der Medizin sinnvoll an die digitalen Daten anzubinden, zusammenzuführen und zu nutzen.

8.2.4 Verantwortlicher Umgang mit Genomdaten

Die breite Nutzung von NGS-Daten für eine personenorientierte Diagnose und personalisierte Therapie impliziert die Notwendigkeit der Lösung auch einer Reihe medizinethischer und -rechtlicher Fragen.[5] So ist rechtlich zu klären, ob Patienten in Zukunft den Zugriff auf ihr eigenes Genom verweigern können, ohne hieraus persönliche Nachteile, etwa beim Abschluss von Versicherungen oder bei der Arbeitssuche, zu erhalten. Bleibt das Recht auf Nichtwissen – auch nach wirtschaftlichen Abwägungen – uneingeschränkt bestehen? Gibt es ein Recht auf Löschung von Daten? Welche Daten sind wirklich für die Diagnose und Therapie relevant und welche nicht? Wer definiert die medizinischen Standards für die Bewertung und Eingruppierung von NGS-Daten? Wie gehen solche Daten in die Patientenakte mit ein und wie werden solche Entscheidungen implementiert? Wie wird die Verantwortlichkeit im Umgang mit Daten geregelt? Hat der Gesetzgeber Zugriff auf genetische Daten, zum Beispiel für eine routinemäßige Personenidentifizierung? Wie wird hierbei die Privatsphäre des Menschen bewahrt und Datenmissbrauch vermieden? Welche Maßnahmen muss man treffen, um gesundheitliche oder persönliche beziehungsweise berufliche Diskriminierung auf der Basis funktioneller Genomdaten zu vermeiden?

Antworten auf diese Fragen müssen in einem breiten Diskurs von Klinikern, Juristen, Ethikern, Bio-Informatikern, Sozialwissenschaftlern, Patienten und klinischen Genomforschern erarbeitet und mit der Politik gemeinsam im Sinne der Bevölkerung umgesetzt werden. Ungeachtet der noch zu lösenden und offenen Fragen gilt es festzustellen, dass die Entwicklung der genomorientierten personalisierten Medizin nicht aufzuhalten ist. Die funktionelle Genomdiagnostik wird die Medizin des 21. Jahrhunderts verändern und bei richtiger Nutzung große Potenziale bieten, Krankheiten ge-

5 Siehe hierzu z. B. unter: https://www.euapm.eu/regulatory-activities-data-protection.html sowie https://www.nature.com/articles/s41525-017-0036-1 [01.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

zielter und individueller zu bekämpfen und somit die Gesundheit und das Wohlbefinden jedes Einzelnen deutlich zu verbessern.

8.3 „Rote Gentechnologie" – Nachhaltiges Comeback der Gentherapie?! (Boris Fehse)

8.3.1 Große Verheißungen, große Enttäuschungen: Die Gentherapie am Boden

Nachdem 1989/1990 die ersten (genehmigten)[6] klinischen Gentherapiestudien durchgeführt worden waren, galt dies vielen Beobachtern, angefeuert von den Protagonisten des Felds, als Beginn einer neuen „Ära der (somatischen)[7] Gentherapie". Umso größer war die Ernüchterung, als in den Folgejahren keines der Heilsversprechen erfüllt werden konnte. Als schließlich in der 2. Hälfte der 1990er Jahre eine groß angelegte Zulassungsstudie der Firma Novartis zu einer Gentherapie beim Glioblastom, einem unheilbaren Hirntumor, mit einem Misserfolg (wegen erwiesener Unwirksamkeit) endete, schien der Tiefpunkt erreicht.[8] Aber es kam noch schlimmer – 1999 starb ein junger Studienteilnehmer (Jesse Gelsinger) bei einer Gentherapiestudie mit adenoviralen Vektoren.[9] Vor allem die Umstände seines Todes machten den tragischen Todesfall zu einem aufsehenerregenden Skandal.[10]

Anfang des 21. Jahrhunderts gab es dann die ersten handfesten klinischen Erfolge gentherapeutischer Ansätze bei schweren angeborenen Immunmangelsyndromen (Aiuti et al., 2002; Hacein-Bey-Abina et al., 2002), die unbehandelt meist schon im Teenageralter zum Tod führen; eine der verfolgten Strategien erhielt vor Kurzem die erste Zulassung als zellbasierte Gentherapie in Europa.[11] Allerdings wurden diese auch langfristig erfolgreichen Therapien durch das Auftreten schwerer Nebenwirkungen über-

6 Es hatten bereits (seit Anfang der 1970er Jahre) einzelne (erfolglose) Gentherapiestudien stattgefunden, bevor formale Regularien für deren Genehmigung etabliert worden waren. Eine ausführlichere Geschichte der Gentherapie findet sich in Fehse/Domasch, 2011: 31 ff.

7 „Somatisch" bedeutet „an Körperzellen" und dient der Abgrenzung von möglichen Ansätzen der Keimbahnmodifikation.

8 Dieses und andere negative Studienergebnisse führten auch zum Ausstieg von „Big Pharma" aus dem Gentherapiefeld.

9 Um Gene in die Zellen des Körpers zu bringen, werden Vektoren (Gentaxis) benötigt. Als Vektoren kommen am häufigsten von Viren abgeleitete Konstrukte zum Einsatz (ausführlich: Fehse/Domasch 2015).

10 Ausführlich Fehse et al. in Fehse/Domasch, 2011: 32 ff.

11 Strimvelis®. Die genetische Modifikation der Blutstammzellen erfolgt außerhalb des Körpers (ex vivo).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

schattet – bei einigen Patienten traten Leukämien auf, die infolge der unerwünschten Aktivierung sogenannter Onkogene durch die benutzten retroviralen Vektoren entstanden waren. Auch wenn die Leukämien bei den meisten betroffenen Kindern erfolgreich behandelt werden konnten, wurden die Studien in der Allgemeinheit eher als Misserfolg registriert.

Im Jahr der Gründung der IAG *Gentechnologiebericht* (2001) war also nicht mehr viel übrig von den (noch gar nicht so alten) Heilsversprechen der Gentherapie. Es ist daher rückblickend nicht verwunderlich, dass der Gentherapie im ersten, 2005 erschienen Gentechnologiebericht der IAG noch kein eigenes Kapitel zugebilligt wurde. Nichtsdestotrotz verfolgte die IAG ihrem Auftrag gemäß die Entwicklung dieses in der eigenen, aber auch in der öffentlichen Wahrnehmung weiterhin zentralen Feldes der Gentechnologie. Darauf aufbauend wurde im Jahr 2008 der erste Themenband „Gentherapie in Deutschland" herausgegeben (Hucho et al., 2008). Auch wenn in jenem Band die Probleme der Gentherapie breiten Raum einnahmen, konnte doch auf zahlreiche kleine Fortschritte verwiesen werden. Der infolge der vielen Rückschläge verfolgte „back-to-bench"-Ansatz (zurück ins Labor) hatte begonnen, erste Früchte zu tragen. Tatsächlich manifestierte sich dies auch in einer Reihe erfolgreicher klinischer Studien in den 2000ern (Kaiser, 2011), selbst wenn diese von der breiten Öffentlichkeit nicht besonders wahrgenommen wurden (vielleicht auch deshalb, weil es fast ausschließlich um relativ seltene monogene Erbkrankheiten ging).[12] Die mühsamen und schrittweisen Fortschritte der Gentherapie in den 2000ern spiegelten sich auch im zweiten Themenband „Gentherapie in Deutschland" (Fehse/Domasch, 2011) aus dem Jahr 2011 sowie im Gentherapiekapitel des dritten Gentechnologieberichts (Fehse/Domasch, 2015) wider.

12 Anfang der 2000er wurden sogar die ersten beiden Gentherapieprodukte (Gendicine® und Oncorine®) für eine kommerzielle Anwendung bei Krebserkrankungen zugelassen. Da dies allerdings in der VR China erfolgte und die Datenlage recht unübersichtlich war, blieb das Echo vergleichsweise gering. Die Februar-Ausgabe 2018 der Zeitschrift *Human Gene Therapy* (Vol. 29, Issue 2) enthält eine ganze Reihe von Arbeiten zu den Ergebnissen der Anwendung von Gendicine® und Oncorine® sowie weiterer, experimenteller Gentherapeutika in China (siehe unter: http://online.liebertpub.com/toc/hum/29/2?utm_source=sfmc&utm_medium=email&utm_campaign=HUM%20PR%20Feb15%202018&d=2/15/2018&mcid=321897006 [08.02.2018]).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

8.3.2 Wie Phoenix aus der Asche: Das Comeback der Gentherapie

Die 2010er Jahre begannen aus Gentherapiesicht mit einem Paukenschlag. Ein schon seit über 20 Jahren verfolgtes Konzept der Immuntherapie mit sogenannten CARs[13] rettete mehreren, zuvor als „austherapiert" klassifizierten Patienten, die an einer bestimmten Art von Blutkrebs litten, das Leben (Porter et al., 2011). Schnell zeigte sich, dass es sich nicht um eine Eintagsfliege handelte, sondern dass sich mit den in jener Studie benutzten CD19-CARs reproduzierbar gute Ergebnisse in unterschiedlichen Kliniken und bei verschiedenen B-Zellerkrankungen erzielen ließen.[14] Zwar treten bei vielen Patienten völlig neue, zum Teil schwere Nebenwirkungen infolge der Immuntherapie auf, doch lassen sich diese in der Regel gut behandeln und führen nicht zu Langzeitschäden. Insgesamt sind die Therapieergebnisse vor dem Hintergrund der schweren Erkrankungen als ausgezeichnet einzustufen (Jain/Davila, 2018).

Die großen Erfolge mit den CD19-CARs zeitigten eine ganze Reihe von unmittelbaren Folgen: (i) In kürzester Zeit wurde (und wird) das Prinzip der CAR-basierten adoptiven Immuntherapie in dutzenden klinischen Studien mit anderen CARs und bei anderen Krebserkrankungen getestet (Neelapu et al., 2018);[15] (ii) Novartis und in der Folge viele andere große Pharmafirmen engagierten sich sehr schnell im CAR-Feld; (iii) Bereits im Jahr 2017 wurden zwei auf CD19-CAR-modifizierten T-Zellen basierende Arzneimittel durch die amerikanische Zulassungsbehörde FDA (Food and Drug Administration) für eine kommerzielle Anwendung lizenziert.[16]

In vieler Hinsicht stellt der sehr konkrete Erfolg der CARs die Initialzündung dar, die sich das Feld der Gentherapie immer gewünscht hat. Zugleich überstrahlt er etwas die vielen klinischen Fortschritte, die es auch in anderen Anwendungsfeldern der Gentherapie gegeben hat. Die erste Zulassung für ein gentherapeutisches Arzneimittel (Glybe-

13 CARs sind chimäre Antigenrezeptoren. Die Antigenbindedomäne eines T-Zellrezeptors (TCR) wird bei einem CAR durch ihr Pendant von einem monoklonalen Antikörper ersetzt, wodurch den T-Zellen neue Angriffsziele auf der Oberfläche von Krebszellen zugänglich gemacht werden. Das Prinzip der CARs war schon 1989 vorgeschlagen worden (Gross et al., 1989), es brauchte aber mehr als 20 Jahre der Grundlagenforschung, um sie erfolgreich in der Klinik anzuwenden.

14 CD19-CARs richten sich gegen CD19, ein auf bestimmten Immunzellen (B-Lymphozyten) exprimiertes Antigen. CD19-CAR-T-Zellen werden inzwischen erfolgreich bei verschiedenen bösartigen Krankheiten der B-Zellreihe (akute und chronische Leukämien sowie Lymphomen) eingesetzt (Jain/Davila, 2018).

15 Siehe auch: www.clinicaltrials.gov [08.02.2018].

16 Kymriah® und Yescarta®.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ra®)[17] hatte die Europäische Arzneimittelagentur (EMEA) zur Behandlung einer äußerst seltenen Erbkrankheit (Lipoproteinlipasedefizienz, LPLD) bereits im Jahr 2012 erteilt. Im Jahr 2016 folgte die europäische Zulassung für das bereits angesprochene Strimvelis® zur Behandlung des schweren Immunmangelsyndroms ADA-SCID.[18] Die FDA lizenzierte Ende 2017 ein gentherapeutisches Präparat (Luxturna®) zur Behandlung einer angeborenen degenerativen Netzhauterkrankung, die zu fortschreitender Erblindung führt. Auf der Basis exzellenter Studiendaten (Nathwani et al., 2014; George et al., 2017) ist in naher Zukunft auch die Zulassung erster Gentherapien zur Behandlung der Hämophilie B, einer Form der Bluterkrankheit, zu erwarten.

Während die oben genannten Arzneimittel jeweils nur für einen kleinen Kreis von Patienten entwickelt wurden, gab es in der Onkologie auch mit einem anderen Therapieansatz einen Durchbruch. Nach einer erfolgreichen Zulassungsstudie (Andtbacka et al., 2015) erfolgte Ende 2015 in den USA und Europa die Zulassung des onkolytischen Virus T-Vec (Imlygic®) zur Behandlung des schwarzen Hautkrebses (malignes Melanom). Onkolytische Viren vermehren sich ausschließlich in bösartigen Zellen, zerstören diese und regen zusätzlich das Immunsystem an. Aufgrund ihres Wirkmechanismus erhofft man sich von diesen Genarzneimitteln eine Wirksamkeit auch gegen entfernt liegende Absiedlungen (Metastasen) eines Primärtumors. Auch bei dem oben angesprochenen, bereits im Jahr 2003 in China zugelassenen Medikament Oncorine® handelt es sich um ein onkolytisches Virus. Im Bereich (Blut-)Krebs erfolgte in Europa zudem im Jahr 2016 noch die Zulassung einer weiteren Immuntherapie (Zalmoxis®), die allerdings nur für einen kleinen Patientenkreis (nach einer Blutstammzelltransplantation von einem gesunden Spender) infrage kommt.

Insgesamt wurden in den letzten drei Jahren in Europa und den USA somit sechs verschiedene Gentherapien lizenziert, während es bis 2015 nur eine einzige Zulassung (2012) gegeben hatte. Dies verdeutlicht sehr anschaulich den großen Aufschwung, den das Feld nach der Konsolidierungsphase in den 2000er Jahren inzwischen genommen hat.

17 Allerdings war Glybera® in kommerzieller Hinsicht ein Misserfolg. Aufgrund der sehr hohen Kosten (ca. 900.000 €), denen ein relativ geringer klinischer Effekt gegenüberstand, kam es offensichtlich nur zu einer einzigen Anwendung. Das Medikament wurde in der Zwischenzeit auch wieder vom Markt genommen.

18 Adenosin-Deaminase Severe combined Immunodeficiency.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

8.3.3 Genome-Editing und die Zukunft der somatischen Gentherapie

Noch nicht einbezogen in diese Betrachtung ist der neue „Star am Gentherapiehimmel" – das Genome-Editing. Seit den 1990er Jahren in der Entwicklung, führte diese Technologie viele Jahre ein Nischendasein, weil die notwendigen Werkzeuge („Genscheren")[19] oft relativ fehleranfällig, aufwendig herzustellen, sehr teuer und nur wenigen Laboren verfügbar waren. Dies begann sich Anfang der 2010er Jahre zu ändern, als neue, wesentlich einfacher zu konstruierende Genscheren, sogenannte TALENs, entwickelt wurden.[20] Den entscheidenden Durchbruch für das Genome-Editing stellte jedoch erst die Entwicklung des CRISPR/Cas9-Systems (und nachfolgend ähnlicher Prinzipien) durch J. Doudna und E. Charpentier dar (Jinek et al., 2012). In kürzester Zeit trat die CRISPR/Cas-Technologie einen Siegeszug in der weißen, grünen und roten Biotechnologie an, also im industriellen, landwirtschaftlichen und medizinischen Bereich. Da das Genome-Editing eine potenziell wesentlich höhere Genauigkeit der Eingriffe in das Genom bis hin zur exakten Reparatur genetischer Defekte (im Sinne einer Genchirurgie) verspricht, ist seine Anwendung für die Gentherapie sehr naheliegend. Allerdings gelten auch für das Genome-Editing ähnliche Limitationen wie für die „klassischen" Gentherapieansätze. Für In-vivo-Anwendungen sind dies insbesondere das Problem der Zustellung („delivery"), der geringen Effizienz vor allem genauer Korrekturvorgänge, der Immunogenität[21] und möglicher Nebenwirkungen durch sogenannte Off-target-Schnitte an falschen Positionen im Genom.[22] Trotzdem entwickelt sich auch das klinische Genome-Editing rasant. Seit dem ersten Bericht über eine klinische Anwendung in der HIV-Therapie mit ZFN (Tebas et al., 2014) wurden beziehungsweise werden bereits mehr als 20 klinische Studien durchgeführt, ungefähr die Hälfte davon mit CRISPR/Cas9, die anderen mit ZFN sowie TALENs.[23]

Auch wenn das Genome-Editing die Methode der Wahl für die Behandlung monogener Erbkrankheiten zu sein scheint, wird sich zeigen müssen, ob es im klinischen Bereich genauso gut funktioniert wie einige der Methoden der klassischen Gentherapie. Hier werden erst klinische Studien endgültigen Aufschluss bringen. Tatsächlich zielen die meisten bisherigen Anwendungen des klinischen Genome-Editings auf Verbesse-

19 Bei der ersten Generation der Genscheren (auch Designernukleasen) handelte es sich um sog. Zinkfingernukleasen (ZFN).

20 Entscheidend für die Entwicklung dieser TALE-Nukleasen war die Dechiffrierung des Codes der sog. TAL-Effektoren. Dies gelang Jens Boch aus der Gruppe von Ulla Bonas in Halle/Saale und parallel in den USA der Gruppe von Adam Bogdanove (Boch et al., 2009; Moscou/Bogdanove, 2009).

21 Die ersten CRISPR/Cas-Systeme stammen aus humanpathogenen Bakterien, sodass die meisten Menschen bereits Antikörper gegen das Protein Cas9 besitzen.

22 Siehe ausführlich in Fehse, 2018.

23 Vgl. Fehse/Abramowski-Mock, 2018.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

rungen immuntherapeutischer Ansätze in der Krebstherapie, während die genaue Genkorrektur aufgrund der (noch) geringen Effizienz klinisch bisher keine Rolle spielt. Ob das Genome-Editing schließlich auch in vivo in einem klinisch relevanten Umfang funktioniert, ist eine der spannendsten aktuellen Fragen.

Nachdem es zu Beginn recht düster für die somatische Gentherapie aussah, hat sich das Gebiet in den vergangenen 18 Jahren Laufzeit der IAG also mit zunehmender Dynamik hin zu immer erfolgreicheren klinischen Anwendungen entwickelt. Mit weiteren Erfolgen und Zulassungen ist sowohl im Bereich der Krebsgentherapie (Immuntherapie, onkolytische Viren) als auch bei der Behandlung monogener Erbkrankheiten zu rechnen. Zugleich darf nicht außer Acht gelassen werden, dass es sich bei gentherapeutischen Anwendungen um hochkomplexe Eingriffe bei in der Regel schwerstkranken Patienten handelt. Daher können auch weiterhin schwere Nebenwirkungen nicht ausgeschlossen werden. Dies bedeutet, dass die meisten Patienten in spezialisierten Zentren an Universitätskliniken behandelt werden müssen. Das Monitoring der weiteren Entwicklung der somatischen Gentherapie wird somit auch weiterhin eine sehr wichtige und interessante Aufgabe darstellen.

8.4 „Grüne Gentechnologie“ – Weiterhin ein schwieriges Terrain in Deutschland (Bernd Müller-Röber)

Wie in anderen Gebieten der Genomforschung hat es auch im Bereich der pflanzenorientierten Forschung in den letzten Jahren große wissenschaftliche Durchbrüche gegeben. Diese sind unter anderem auf die enormen technischen Fortschritte beispielsweise im Bereich der DNA-Sequenzierung zurückzuführen. Aber auch die neuen Verfahren des Genome-Editings finden zunehmend Eingang in die Pflanzenforschung.

8.4.1 Genome-Editing pflanzlicher Erbinformation

Eine bis vor wenigen Jahren kaum zu bewältigende Aufgabe bestand darin, ausgewählte Gene in Pflanzen, inklusive Kulturpflanzen, gezielt durch die Veränderung ihrer DNA-Sequenz zu inaktivieren oder in ihrer Funktion zu verändern. Zwar war es möglich, mittels Antisense- oder RNA-Interferenz-Technologien oder mithilfe artifizieller micro-RNAs (amiRNAs) die Expression von Genen selektiv zu inhibieren beziehungsweise mittels Überexpressionstechnologien die Aktivität ausgewählter Gene zu stimulieren. Jedoch war es technisch schwierig bis nahezu unmöglich, zuvor definierte Gene direkt mittels molekularbiologischer Techniken zu adressieren, um sie zu verändern. Dies hat sich durch die Einführung der Genome-Editing-Technologien deutlich geän-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

dert. Dabei kommen, wie in anderen Organismen, unterschiedliche molekulare Werkzeuge zum Einsatz, wobei die CRISPR-Technologie inzwischen diejenige sein dürfte, die die größte Aufmerksamkeit auf sich zieht. Die zunächst an tierischen Zellen erprobte Technologie hat sehr schnell Eingang in die Pflanzenforschung gefunden und wird weltweit für die Anwendung insbesondere auch an Kulturpflanzen rasch weiterentwickelt (Schindele et al., 2018).

Grundsätzlich können Veränderungen auf der Genomebene mittels der CRISPR-Technologie auf zwei Wegen herbeigeführt werden: (i) Durch die – dauerhafte oder vorübergehende – Integration der CRISPR-Komponenten (Gene) in das Genom der zu verändernden Pflanze. Nach erfolgter Modifikation im Zielgen können diese Komponenten durch Kreuzung wieder entfernt werden, sodass im Ergebnis kein Fremdgen in der Pflanze enthalten ist und lediglich die gewünschte Mutation vorliegt. (ii) Veränderungen des Genoms können auch durch die Verwendung von RNA-Protein-(RNP)-Komplexen, die die CRISPR-Komponenten enthalten, erzielt werden. Dabei werden die RNP-Komplexe auf isolierte pflanzliche Zellen (Protoplasten) appliziert, gefolgt von der Regeneration von intakten Pflanzen aus derart behandelten Zellen. Beide technologischen Varianten wurden in den vergangenen Jahren erfolgreich zur Veränderung der Erbinformation von Kulturpflanzen eingesetzt. Im Falle der Verwendung von RNPs entstehen zu keinem Zeitpunkt transgene (also artfremde Gene enthaltende) Pflanzen. Die CRISPR-RNP-Technologie hat daher ein großes Potenzial, in Zukunft klassische Verfahren der Genommodifikation wie beispielsweise die chemische Mutagenese durch Ethylmethansulfonat (EMS) zu ersetzen. Hinzu kommt, dass die CRISPR-Technologie – auch und insbesondere aufgrund des immensen Interesses im Bereich der medizinischen Grundlagen- und angewandten Forschung – in rasanter Weise weiterentwickelt wird. So stehen heute bereits neben der zunächst eingesetzten Cas9-Nuklease[24] weitere DNA-Nukleasen (z. B. Cpf1/Cas12) auch für die Anwendung an Pflanzen zur Verfügung (Schindele et al., 2018). Darüber hinaus stehen nun erste Nukleasen zur Verfügung, zum Beispiel Cas13, die auf RNA wirken.[25] In Zukunft werden möglicherweise unter-

24 Nukleasen sind Enzyme, die Nukleinsäuren schneiden können. Das CRISPR/Cas9-System kann genutzt werden, um DNA (also die Desoxyribonukleinsäure) gezielt an einer definierten Stelle zu schneiden.

25 Die RNA (Ribonukleinsäure) ist ein im Vergleich zur DNA relativ instabiles Molekül und entsteht während eines als Transkription bezeichneten Prozesses, bei dem die auf der DNA enthaltenen Erbinformationen auf RNA übertragen werden. RNA und DNA sind beide Nukleinsäuren, unterscheiden sich jedoch durch ihre biochemischen Eigenschaften. Boten-RNA (mRNA) dient als Vorlage für die Synthese von Proteinen. Nukleasen, die auf RNA wirken, steuern also die Umsetzung genetischer Informationen in Proteine, ohne die in der stabilen DNA gespeicherte Erbinformation zu verändern.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

schiedliche Cas-Proteine parallel eingesetzt, um Gene komplett auszuschalten oder in ihrer Aktivität zu modulieren.

Eine weitere interessante Entwicklung betrifft die gezielte Veränderung einzelner Nukleotide,[26] zum Beispiel in kodierenden Regionen, ohne dass dabei zuvor ein Doppelstrangbruch in der zu modifizierenden Ziel-DNA gesetzt werden muss. Entsprechende Technologien nutzen zum Beispiel ein gezielt modifiziertes Cas9-Protein, das zwar weiterhin einen definierten Ort im Genom adressiert (definiert durch die entsprechende Leit-RNA, auch sgRNA genannt),[27] aber die Erbinformation selbst nicht mehr schneidet, sondern stattdessen Nukleotide in der nahen Umgebung des angesteuerten Genortes mittels spezifischer enzymatischer Funktionen verändert (Komor et al., 2016; Hess et al., 2017). Dies bewirkt beispielsweise die Veränderung eines GC-Basenpaares in ein AT-Basenpaar.[28] Im Gegensatz zu traditionellen EMS-Verfahren, die solche Veränderungen zufällig in der Erbinformation bewirken, erlaubt das neue CRISPR-Verfahren entsprechende Modifikationen an zuvor definierten Orten der Erbinformation und wurde vor Kurzem auch für die Veränderung pflanzlicher Erbinformation verwendet (Kang et al., 2018). Somit ist das CRISPR-Verfahren deutlich spezifischer und damit zielführender als das klassische Verfahren der EMS-Mutagenese.

Eine andere Anwendung der CRISPR-assoziierten Technologien zielt darauf ab, nicht die DNA-Sequenz als solche (sprich, die Abfolge der Bausteine A, C, G und T) zu verändern, sondern deren chemische Modifikation, zum Beispiel Methylierung, zu beeinflussen.[29] Entsprechende Technologien wurden zunächst an tierischen beziehungsweise humanen Zelllinien entwickelt, inzwischen aber für die Anwendung an pflanzlichen Zellen adaptiert.[30] Es kann erwartet werden, dass entsprechende Epigenom-assoziierte

26 Beim Austausch von einzelnen Nukleotiden kommt es zur Änderung der Basenabfolge auf der DNA, da Nukleotide die Bausteine der Nukleinsäuren sind. Die Nukleotide unterscheiden sich biochemisch durch die zu ihnen gehörenden Basen. Die vier Basen, aus denen die DNA besteht, werden zur Vereinfachung mit den Buchstaben A, C, G und T abgekürzt.

27 Eine genauere Erklärung der Mechanismen siehe Fehse (2018).

28 Die DNA liegt als Doppelstrang im Zellkern vor. Die beiden Stränge werden durch Basenpaarungen zusammen gehalten. Dabei paaren sich immer C und G sowie A und T miteinander. Ein Austausch eines Basenpaares GC zu AT führt demnach zur Änderung der Erbinformation.

29 Die DNA liegt in der Zelle im Verbund mit Proteinen vor und ist verdrillt. Durch das Anhängen oder Entfernen bestimmter chemischer Gruppen (insbesondere Methyl-Gruppen, –CH3) kann der Grad der Verpackung und damit die Zugänglichkeit der DNA für die Steuerung der Genexpression verändert werden. Die Manipulation von DNA durch Methylgruppen kann also die Genexpression beeinflussen, ohne die DNA-Sequenz selbst zu verändern.

30 Hierfür kann die sog. RdDM-Technologie (RNA-dirigierte DNA-Methylierung) genutzt werden (vgl. Liu et al., 2018).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Technologien zunehmend an Bedeutung für Anwendungen in der Züchtung von Kulturpflanzen gewinnen werden.

Eine grundlegende Voraussetzung für eine Genommodifikation mittels chemischer und biologischer Methoden ist, dass die verwendeten Agenzien in die Zelle gelangen. Im Falle der biologischen Methoden wird dabei häufig auf das Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens,* welches auch natürlicherweise Gene auf Pflanzen überträgt, zurückgegriffen; entsprechende Laborverfahren dafür wurden bereits vor Jahrzehnten entwickelt und werden seit Langem routinemäßig für die gentechnische Modifikation zahlreicher Pflanzen eingesetzt. Kürzlich wurde ein neues Verfahren, die sogenannte Pollen-Magnetofektion, für den Gentransfer beschrieben (Zhao et al., 2017). Dabei wird die in die Pflanzenzelle zu transferierende Erbinformation auf magnetische Nanopartikel (MNP) aufgetragen und diese werden dann mittels eines Magneten in zuvor gewonnene Pollenkörner der zu modifizierenden Pflanze eingebracht. Anschließend dienen die so behandelten Pollenkörner der Befruchtung von weiblichen Blütenorganen. Dies führt zur Bildung von Samen, die dann mit einfachen Methoden hinsichtlich ihres genetischen Status überprüft werden können. Das Pollen-Magnetofektionsverfahren könnte in Zukunft die Transformation von zahlreichen (Kultur-)Pflanzen vereinfachen; jedoch sind zunächst unabhängige Bestätigungen der Technologie durch andere Wissenschaftler erforderlich. Das Verfahren könnte auch die Modifikation der pflanzlichen Erbinformation durch Genome-Editing vereinfachen.

Angesichts des enormen Potenzials genomeditierender Technologien für die moderne Pflanzenzüchtung hat das BMBF ein Förderprogramm zur weiteren Entwicklung entsprechender Technologien initiiert („Moderne Züchtungsmethoden für die Nutzpflanzen der Zukunft").[31] Es bleibt abzuwarten, welche wissenschaftlichen Projekte konkret im Rahmen der BMBF-Initiative gefördert werden. Jedoch ist schon jetzt zu betonen, dass eine entsprechende Förderinitiative unbedingt zu befürworten ist, da diese dazu beiträgt, in Deutschland tätige und aktive Wissenschaftler an der Entwicklung entsprechender innovativer Technologien zu beteiligen und zum technologischen Vorsprung Deutschlands beizutragen.

8.4.2 Genome-Editing in der rechtlichen Auslegung

Eine lange nicht geklärte Frage war, ob (Kultur-)Pflanzen, deren Erbinformation mittels CRISPR-assoziierter Technologien verändert wurde, als gentechnisch veränderte

31 Siehe unter: https://www.bmbf.de/de/moderne-zuechtungsmethoden-fuer-die-nutzpflanzen-der-zukunft-4083.html [01.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Organismen (GVO) im Sinne des Gentechnikgesetzes und entsprechender EU-Regelungen anzusehen sind oder nicht, sogar dann, wenn zu keinem Zeitpunkt der Herstellung solcher Pflanzen artfremde DNA in das Genom integriert wurde. Derartige Pflanzen zeichnen sich durch DNA-Modifikationen aus, die prinzipiell auch auf natürlichem Wege – etwa durch die alltägliche UV-Bestrahlung – oder durch (langwierige) Züchtung oder traditionelle Verfahren der chemischen oder physikalischen Mutagenese (mittels DNA-verändernder Substanzen oder Strahlung) entstehen können. Am 25. Juli 2018 entschied der Gerichtshof der Europäischen Union (EuGH) schließlich, dass durch CRISPR veränderte Pflanzen als gentechnisch veränderte Organismen im Sinne des europäischen Gentechnikrechts zu regulieren seien (EuGH, Rechtssache C-528/16).

8.4.3 Transgene Pflanzen

Sowohl in der Forschung als auch im globalen Anbau spielen transgene Pflanzen eine große Rolle. Die ersten Methoden zur Herstellung transgener Pflanzen wurden bereits vor 35 Jahren entwickelt. Neben einer Veränderung der in den Zellkernen gespeicherten Erbinformation ist es auch möglich, die Erbinformation der Photosynthese betreibenden Organellen – der Chloroplasten – zu verändern. Gentechnische Verfahren zur Herstellung transgener Organismen wurden in der Vergangenheit für zahlreiche Pflanzenarten entwickelt und optimiert und werden aktuell für bisher molekularbiologisch noch wenig untersuchte Pflanzen, zum Beispiel Quinoa, deren Genom kürzlich sequenziert wurde, erprobt. Dabei können die neuen Techniken des Genome-Editings die bisherigen sogenannten Transgentechnologien nicht ersetzen, sie ergänzen diese aber sinnvoll. Transgentechnologien werden beispielsweise benötigt, um die Aktivität einzelner Gene in hoher zellulärer Auflösung in den Pflanzen zu messen, oder die Wechselwirkung von Proteinen in Zellen mittels Mikroskopie sichtbar zu machen.

Im Jahr 2017 wurden transgene Pflanzen weltweit auf insgesamt 190 Millionen Hektar angebaut, wobei die Anbauflächen mit wenigen Ausnahmen außerhalb der EU liegen.[32] In Deutschland selbst findet schon seit Jahren kein kommerzieller Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen mehr statt und auch wissenschaftliche Freilandversuche werden seit 2013 nicht mehr durchgeführt. Jedoch werden transgene Pflanzen und daraus gewonnene Produkte in großem Umfang in die EU und Deutschland importiert, vor allem Soja für die Verwendung als Futtermittel; etwa 80 % des heute global angebauten Sojas ist gentechnisch modifiziert.

32 Siehe unter: http://www.transgen.de/aktuell/2566.anbau-gentechnik-pflanzen-weltweit.html [26.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Das von der Bundesrepublik Deutschland geschaffene Siegel „Ohne Gentechnik“ soll Lebens- und Futtermittel kennzeichnen, bei deren Herstellung keine gentechnischen Verfahren zum Einsatz kamen.[33] Jedoch schließen die Regelungen zur Vergabe des Siegels den Einsatz gentechnischer Verfahren in mehrfacher Hinsicht gar nicht aus, sodass der Verbraucher – sofern er sich nicht mit den Details der rechtlichen Grundlagen auseinandersetzt – in die Irre geführt wird. So muss beispielsweise eine „gentechnikfreie“ Tierfütterung nur über einen bestimmten Zeitraum erfolgen und keineswegs während der gesamten Tieraufzucht, um das „Ohne Gentechnik“-Siegel führen zu dürfen.[34] Auch Futtermittelzusatzstoffe, die mithilfe gentechnisch modifizierter Mikroorganismen hergestellt wurden, werden nicht berücksichtigt. Das „Ohne Gentechnik“-Siegel ist also keineswegs geeignet, Lebens- und Futtermittel, die tatsächlich gänzlich (d. h. auf allen Stufen ihrer Erzeugung) ohne gentechnische Verfahren hergestellt wurden, von solchen zu unterscheiden, bei denen zumindest teilweise im Gewinnungs- oder Herstellungsprozess gentechnisch modifizierte Organismen oder deren Produkte zum Einsatz kamen. Die Einführung des Siegels dient damit – bedauerlicherweise – nicht der notwendigen Klarheit, die dem Verbraucher entgegengebracht werden sollte; sie dient vor allem politischen Interessen.

Beim Anbau transgener Pflanzen dominieren noch immer die Eigenschaften Herbizidtoleranz und Resistenz gegenüber Schädlingen. Zunehmend werden jedoch Pflanzen mit kombinierten Eigenschaften angebaut (z. B. Toleranz gegenüber einem Herbizid und gleichzeitiger Resistenz gegenüber Schadinsekten). Hinsichtlich komplexer physiologischer Eigenschaften, wie beispielsweise Trockentoleranz oder Nährstoffnutzungseffizienz, wird sich in Zukunft zeigen müssen, ob transgene Pflanzen oder genomeditierte Pflanzen die vielversprechendere Alternative darstellen. Angesichts der Tatsache, dass komplexe Eigenschaften oft *nicht* durch ein Gen oder wenige Gene determiniert werden, könnte dem Genome-Editing, das es grundsätzlich erlaubt, multiple Veränderungen im Genom vorzunehmen, eine zunehmend größere Bedeutung zukommen. Auch eine kombinierte Anwendung von Transgentechnologien und Genome-Editing-Verfahren könnte dabei zum Tragen kommen, beispielsweise um Resistenzen gegenüber Schadinsekten (durch Transgentechnologien) mit einer verbesserten Trockentoleranz (durch Genome-Editing) in Kulturpflanzen zu kombinieren.

33 Siehe hierzu: https://www.ohnegentechnik.org/ohne-gentechnik/was-bedeutet-ohne-gentechnik/.
34 Siehe hierzu: https://www.ohnegentechnik.org/ohne-gentechnik/rechtliche-grundlagen/ [01.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

8.5 Synthetische Biologie: Grundlegende Konzepte und Anforderungen für die Gestaltung eines künstlichen Biocontainment-Systems[35] (Nediljko Budisa)[36]

8.5.1 Auf dem Weg zur nächsten Generation von künstlichen Organismen mit Biocontainment als intrinsischem Merkmal

Sowohl die synthetische Biologie als auch die Xenobiologie haben das Ziel, genetisch veränderte Organismen (GVO) mit neuartigen Funktionen und biologischen Verhaltensweisen zu entwerfen und zu konstruieren. Neben dem potenziellen Einsatz in technologischen Anwendungen bieten beide Disziplinen auch leistungsfähige Forschungswerkzeuge für die Untersuchung biologischer Komplexität, Prozesse und Phänomene in den Natur- und Ingenieurwissenschaften. Synthetische Biologie ist insbesondere als Zusammenbau neuartiger lebender Systeme durch die Kombination von austauschbaren Teilen aus natürlichen biologischen Systemen definiert. Die Xenobiologie hingegen hat die Erschaffung von einer neuen Art der Biodiversität durch die Verwendung nicht natürlicher (vom Menschen hergestellter, Xeno-) Moleküle in lebenden Zellen als Ziel. Auf diese Weise erzeugt und erforscht die Xenobiologie chemisch modifizierte Organismen („chemically modified organisms", CMO), in denen veränderte chemische Zusammensetzungen bereits existierende natürliche Funktionen verbessern oder sogar neue chemische Komponenten und zelluläre Strukturen erzeugen (Budisa, 2012).[37]

---

35 Den englischen Begriff „Biocontainment" könnte man mit „Bio-Eindämmung" übersetzen. Er bezieht sich auf die biologische Sicherheit zur Eindämmung von in Laboren verwendeten Organismen und Stoffen.

36 Danksagung: Ich danke meiner Frau Monika Franke für fruchtbare Diskussionen, Anregungen und vor allem für die sprachlichen Korrekturen und Verbesserungen des gesamten Textes. Einige hier ausgearbeitete Ideen und Gedanken sind auch das Ergebnis meiner intellektuellen Interaktion mit Philippe Marliere (Xenobiologie), Dirk Schulze-Makuch (Astrobiologie) und Marcello Barbieri (Code Biologie) in den letzten acht Jahren. Mein besonderer Dank geht an Vladimir Kubyshkin für kontinuierliche, aufschlussreiche und inspirierende kritische Diskussionen über die Chemie des Lebens. Schließlich danke ich dem gesamten Institut für Chemie der Technischen Universität Berlin für ein äußerst dynamisches Umfeld, das meine intellektuelle Entwicklung gefördert und mich zu wichtigen Entscheidungen inspiriert hat.

37 Dadurch ist eine völlig neue biologische Welt denkbar und plausibel. Das Design von gentechnisch veränderten Organismen (im Rahmen der klassischen Genetik) ist dabei nur der Beginn eines langen Weges auf der Suche nach zuverlässigen Methoden für die Entwicklung und Entfaltung künstlicher Biodiversität unter Bewahrung der alten natürlichen Welt. Eine wichtige Aufgabe für die Ingenieurbiologie ist daher die chemisch-diverse künstliche Evolution von lebensfähigen und robusten Zellen, die eine unbegrenzte Zeit in Isolation von natürlichen Arten wachsen und sich replizieren können.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die Forschung an GVOs und CMOs und deren mögliche (beabsichtigte oder unbeabsichtigte) Freisetzung in die Umwelt (z. B. bei der Ablagerung von Abfällen) birgt dabei die Gefahr negativer Auswirkungen auf natürliche Organismen und die menschliche Gesundheit durch eine unerwünschte Vermehrung und Verbreitung dieser Organismen. Daher sind Fragen der biologischen Sicherheit (Biosicherheit)[38] ein Schlüsselaspekt beider Forschungsrichtungen. Viele genetisch modifizierte Organismen werden im Allgemeinen als sicher für die Freisetzung angesehen, da ihre veränderten Funktionen die Anpassungs- und Überlebensfähigkeit des Organismus beeinträchtigen und damit auch die Verbreitung ihrer Gene in der Umwelt ungünstig beeinflussen (Moe-Behrens et al., 2013). Darüber hinaus werden weitere Maßnahmen zur biologischen Eindämmung entwickelt. Solche sogenannten Biocontainment-Systeme sollen entweder die Vermehrung und das Überleben von Bakterien (und ihres genetischen Materials) außerhalb des Labors verhindern oder einen horizontalen Gentransfer (HGT),[39] das heißt von einem Organismus zu einem anderen bereits bestehenden Organismus, unterbinden. Es ist auch wichtig zu bemerken, dass mit dem Einsatz von Technologien, die auf synthetischer Biologie und Xenobiologie basieren, die Verwandtschaft zwischen modifizierten und natürlichen Organismen allmählich abnimmt. Die weitere Entwicklung wird letztlich zu künstlichem Leben führen, das durch eine Art „genetische Firewall" soweit vom natürlichen Leben entfernt ist, dass ein Überleben außerhalb des Labors gar nicht möglich ist. Dieses Ziel ist heute ein integraler Bestandteil sowohl der synthetischen Biologie als auch der Xenobiologie (Schmidt, 2010). Gegenwärtig erleben wir Pionierarbeiten an verschiedenen „bio-contained" synthetischen Organismen, in denen die chemische Komplexität von einfachen chemischen Analoga und Surrogaten kanonischer Aminosäuren oder Nukleobasen bis zu chemisch entfernteren und sogar radikal verschiedenen Alternativen erhöht werden soll. Zukünftige Experimente werden zeigen, wie weit die chemische Veränderung von Zellen vorangetrieben werden kann, um eine stabile Barriere gegen den Informationstransfer zwischen „neuer synthetischer" und „alter biologischer" Welt zu schaffen (Marliere, 2009). Idealerweise könnte eine eingebaute „genetische Firewall" eine vollständige genetische Isolation

38 Im Zusammenhang mit der biologischen Sicherheit ist es sehr wichtig, zwischen zwei Begriffen (Biosafety und Biosecurity), die häufig in der englischsprachigen Literatur vorkommen, zu unterscheiden. „Biosafety" bezieht sich auf mögliche unbeabsichtigte Folgen wie Unfälle, während „Biosecurity" sich auf vorsätzlich verursachte Schäden wie z. B. Bioterrorismus bezieht (siehe Schmidt, 2012).

39 Ein ziemlich guter Überblick über verschiedene Aspekte von HGT findet sich in der deutschen Wikipedia (siehe unter: de.wikipedia.org/wiki/Horizontaler_Gentransfer [17.06.2018]).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

gegen HGT herstellen und damit die Voraussetzung für eine parallele biologische Welt mit eigenem genetischem Code schaffen (Budisa/Acevedo-Rocha, 2011).[40]

8.5.2 Mechanismen der Verbreitung biologischer Information in der Biosphäre und die Rolle des horizontalen Gentransfers

Der genetische Code kann als *Lingua franca*[41] des Lebens auf der Erde bezeichnet werden, der die Aufrechterhaltung einer universellen Biochemie ermöglicht. Der Standard-Translationsapparat erfordert eine einheitliche genetische Codestruktur. Damit sind die Grundlagen für die Verbreitung biologischer Neuheiten durch horizontalen Gentransfer zwischen allen Lebensformen geschaffen.

Die Hauptmediatoren des HGT sind Viren, zum Beispiel Bakteriophagen, die überall verbreitet und extrem verschiedenartig sind und Bakterien mit einer großen Effizienz infizieren können (es wird geschätzt, dass weltweit jede Sekunde ungefähr 10^{23} Phageninfektionen auftreten) (Pawluk, 2017). Bemerkenswerterweise beeinflusst HGT auch die Entstehung und Verbreitung von Antibiotikaresistenz- und Virulenzmerkmalen. Es gibt keine geografischen Grenzen für einen Genfluss und –austausch (horizontale Genakquisitionen), da Viren in allen Lebensräumen, in denen Bakterien, Eukaryonten und Archaeen gedeihen, omnipräsent sind – von Tiefsee-Hydrothermalquellen bis zum sibirischen Permafrost. Der Biologe und Mitentdecker der Archaebakterien[42] Carl Woese beobachtete, dass Komponente bestimmter Enzyme (der modularen tRNA-Ligasen)[43] eine große Ähnlichkeit zwischen Archaeen und Eukaryonten zeigen, und folgerte, dass

40 Nur mit Zellen, die sog. „xeno-DNA" als genetisches Material oder alternative genetische Codes enthalten, funktioniert die vollständige genetische Isolation, da der HGT zwischen Spezies verhindert ist.

41 Das Leben auf der Erde ist eine Einheit dank der Existenz des universellen genetischen Codes, d. h. der genetische Code für alle Organismen ist grundsätzlich der gleiche (abgesehen von einigen wenigen Ausnahmen), sodass alle Lebewesen die gleiche „genetische Sprache" verwenden. Dieses biologische Regelwerk ermöglicht die Übersetzung der in DNA geschriebenen genetischen Botschaft in lebenserhaltende Proteine (siehe Kubyshkin et al., 2018).

42 Archaebakterien (auch Archaeen oder Archabakterien) sehen aus wie Bakterien und haben wie diese keinen Zellkern (sind also sog. Prokaryonten, im Gegensatz zu den Eukaryonten, die einen Zellkern besitzen), gehören aber zu einer eigenen Abstammungslinie. Die heute gültige Einteilung der Lebewesen in die drei Domänen *Eucarya, Bacteria* sowie *Archaea* wird auf Carl Woese und Kollegen zurückgeführt. Siehe unter: https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/archaebakterien/4739 [12.06.2018]. Die alternative Sichtweise geht davon aus, dass es nur zwei primäre Lebensbereiche gibt (Archaea und Bakterien), weil Eukaryonten durch die Partnerschaft zwischen ihnen entstanden sind (siehe z. B.: Williams et al., 2013).

43 tRNA-Ligasen sind Enzyme, die Transfer-RNA (tRNA) spezifisch an ihre zugehörige Aminosäure binden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

diese große Ähnlichkeit dadurch erklärt werden kann, dass HGT erfolgt ist, und sie daher sehr wahrscheinlich die häufigsten Kandidaten für HGT sind (Woese, 2002).

Im Vergleich zum Standard-Code sind Variationen in Codon-Aminosäure-Assoziationen (d. h. bei der Zuordnung von Aminosäuren zu bestimmten Basenabfolgen (Tripletts von je drei Basen) auf der DNA und somit dem genetischen Code) in unabhängigen Linien (hauptsächlich Organellen, also Zellbestandteilen wie Mitochondrien und Plastiden, die über eigene DNA verfügen und sich selbstständig teilen)[44] recht häufig. Zum Beispiel sind die Abweichungen von Codonzuordnungen des genetischen Codes in nuklearen (im Zellkern befindliche) und mitochondrialen (in den Mitochondrien befindliche) Genen für viele tRNAs (transfer-RNAs, die Aminosäuren zur Proteinbiosynthese am Ribosom[45] bringen) gut dokumentiert. Unter tierischen Mitochondrien gibt es eine erstaunliche Vielfalt an Veränderungen, für die bis jetzt mindestens sieben verschiedene Triplett-Codeabbien (also Alternativen zum eigentlich als universell geltenden genetischen Code) gefunden worden sind. Kürzlich wurde auch gezeigt, dass eine solche unabhängige Evolution mitochondrialer und nuklearer Genome zu wesentlichen Veränderungen in Ribosomstrukturen führt.[46]

Warum aber sind die Unterschiede in den genetischen Codes der Mitochondrien so groß? In Eukaryonten hat die Endosymbiose (also der Prozess der Einverleibung) Chloroplasten (Cyanobakterien) und Mitochondrien (Bakterien) hervorgebracht, deren genomische Organisation während der Evolution radikal minimiert wurde. Carl Woese argumentierte, dass diese Veränderung in beiden Organellen zu einer „Degeneration zu einem viel einfacheren zellähnlichen Design“ ohne die Möglichkeit der Rückentwicklung auf das Komplexitätsniveau ihrer frei lebenden bakteriellen Vorfahren führte (Woese, 2004). Diese „Genome Economization“ hat zur Folge, dass die Organellen nur wenige Proteine selbst codieren und die übrigen Proteine und andere molekulare Kom-

44 Zellorganelle sind Bestandteile der Zellen von Eukaryonten, die bestimmte Funktionen erfüllen. Mitochondrien sind die Kraftwerke der Zelle. In Plastiden läuft etwa die Photosynthese ab. Nach der Endosymbionetentheorie sind Mitochondrien und Chloroplasten auf in die eukaryontische Zellen eingewanderte Prokaryonten zurückzuführen, die mit der Zelle eine Symbiose eingegangen sind. Für diese Theorie spricht u. a., dass Mitochondrien und Plastiden ihre eigene DNA besitzen und sich selbstständig teilen können.

45 Ribosomen sind die Orte der Proteinbiosynthese in Zellen. Während des Prozesses bringen t-RNA Aminosäuren zu den Ribosomen. Jede tRNA ist dabei mit genau einer Aminosäure verbunden. Mit einem Ende binden sie die für sie spezifische Aminosäure, mit dem anderen (dem Anticodon) erkennen sie das sog. Codon, ein Triplett von Nucleotiden auf der mRNA (Boten-RNA, die als Vorlage der Proteinbiosynthese dient und im Prozess der Transkription anhand der DNA gebildet wird). Da der genetische Code degeneriert ist, gibt es jedoch mehr als ein Triplett pro Aminosäure. So wird der genetische Code in eine Aminosäuresequenz überführt. Siehe hierzu: https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/transfer-rna/11975 [12.06.2018].

46 Zusammengefasst in Kubyshkin et al., 2018.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ponenten aus den Wirtszellen importieren. Eine solch drastische Verringerung der Genomgröße beeinflusst sowohl die Anzahl der tRNA-Gene als auch die Anzahl der Gene für posttranskriptionale Modifikationen. Ein ähnlicher Prozess kann in Endosymbionten (Organismen, die in einem anderen Organismus leben und mit diesem eine Symbiose eingehen) wie *Mycoplasma* (einer degenerierten Form von bestimmten Bakterien), bewimperten Protozoen (eukaryontischen Einzellern) und vielen anderen Arten beobachtet werden (Kubyshkin et al., 2018).

Obwohl die chemische Natur der grundlegenden Proteinbausteine in diesen Organellen gleich blieb, veränderten sich die Neuzuordnungen spezifischer Codons auf unterschiedliche Weise. Offenbar unterliegt das „minimale Genom" von Organellen wie Chloroplasten und Mitochondrien nicht oder nur geringfügig dem horizontalen Gentransfer und ist damit ein natürliches Beispiel für Biocontainment aufgrund genetischer Isolation. Weitere Möglichkeiten, HGT zu eliminieren oder abzuschwächen, sind zum Beispiel bestimmte Laborbedingungen oder natürlich isolierte Nischen und Lebensräume, in Zukunft vielleicht auf anderen Planeten (Kubyshkin/Budisa, 2017).

8.5.3 Arten, Anforderungen und Eigenschaften von Biocontainment

Auf der systematischen Ebene sollen Schutzinstrumente generell eine unbeabsichtigte Freisetzung von CMOs und GVOs in natürliche Umgebungen und deren mögliche Verbreitung verhindern (z. B. durch Sicherheitsstandards in Laboren sowie eine vorsorgliche Blockierung der genetischen Interaktion von GVOs mit Ökosystemen). Damit synthetische Zellen und Organismen nachhaltig, aber ohne unkontrollierte Freisetzung und Ausbreitung, in verschiedenen Umgebungen wachsen und sich selbst reproduzieren können, muss das entworfene Biocontainment-System außerordentlich robust sein. Zur Beurteilung dieser Robustheit hat das National Institute of Health eine Richtlinie herausgegeben, die eine GVO-Überlebensrate (Escape Rate)[47] von unter 1 in 10^8 Zellen als akzeptabel angibt (Wilson, 1993).

Physikalische Eindämmungsverfahren wie Bioreaktoren, Mikrofluidiksysteme oder Mikroverkapselung gelten als erste Sicherheitsstufe. Diese unterbinden den Kontakt der Organismen mit der Umwelt, indem sie in Behältern, bestimmten Flüssigkeiten oder kleinen Kapseln gezüchtet werden. Im Folgenden werden nicht physikalische Con-

47 Bei den Escape Rates geht es um die Anzahl Mikroben, die trotz der eingebauten Sicherheitsbarrieren überleben können, wenn die Barriere aktiviert ist. Die Zahlen basieren auf gemessenen Escape Rates, die in unterschiedlichen Umgebungen wie etwa im Labor, aber auch im Boden, in Wasser oder im Rattendarm, untersucht wurden. Der Standard liegt bei 1 Zelle pro 10^8 Zellen oder weniger als 1000 Zellen pro 2 Liter. Siehe unter: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3554958/ [12.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

tainments betrachtet. Da es unter Wissenschaftlern immer noch keinen Konsens über die Systematik von Biocontainment synthetischer Organismen gibt, werden hier die am häufigsten angewandten und berichteten Strategien beschrieben.

Auxotrophie: Systeme mit Auxotrophien gibt es sowohl für natürliche als auch für nicht natürliche Verbindungen. Ein Beispiel ist im Buch „Jurassic Park" beschrieben: die Lysin-defizienten fiktiven Dinosaurier sind „süchtig" nach Lysin und können nicht außerhalb der ausgewiesenen Lebensräume überleben. Diese Bioschutzstrategie wird seit den frühen Tagen der rekombinanten DNA-Technologie verwendet, indem zum Beispiel bei spezialisierten *Escherichia-Coli*-Stämmen essenzielle Gene ausgeschaltet werden (z. B. Thymidylat-Synthase, die für die DNA-Synthese wichtig ist). Auxotrophe Organismen werden allgemein als sicher betrachtet. Die Methode des Gen-Knock-out zur Erzeugung der Auxotrophien ist bis heute eine der am häufigsten angewendeten Biosicherheitsstrategien.[48]

Synthetische Auxotrophie: Eine gängige Strategie für die Eindämmung synthetischer Organismen besteht darin, sie so zu konstruieren, dass sie einen exogen zugeführten künstlichen Liganden benötigen (also ein Molekül, das nötig ist, um eine bestimmte Reaktion auszulösen, die für das Überleben wichtig ist). Einige Beispiele sind (a) synthetische Aminosäuren für die essenzielle Proteinfunktion, (b) synthetische Moleküle, die als wichtige Cofaktoren für die Proteinfunktion dienen, (c) synthetische Moleküle als Vorstufe für Schlüsselmetaboliten (also Stoffwechselprodukte, die im Zellstoffwechsel von zentraler Bedeutung sind).[49]

Biocontainment durch Prävention von HGT: Diese Art von Biocontainment ist eng mit der oben erwähnten synthetischen Auxotrophie verwandt. Der Schwerpunkt der xenobiologischen Forschung liegt auf der radikalen Veränderung der direkt am biologischen Informationstransfer beteiligten Moleküle und der gleichzeitigen Verhinderung des HGT. Semantische Containment-Ansätze[50] mithilfe nicht kanonischer Aminosäuren

48 In der Zwischenzeit gehört dies zu dem Allgemeinwissen, das auch in Lehrbüchern vorhanden ist.

49 Zusammengefasst in Agostini et al., 2017.

50 Da der genetische Code universell ist, wird die genetische Information immer auf die gleiche Weise in das gleiche Protein übersetzt, unabhängig vom Wirtsorganismus. Biologische Eindämmung (Biocontainment) entsteht, wenn ein genetisch oder chemisch veränderter Organismus unter einem anderen genetischen Code operieren kann, entweder durch Codon-Neuzuweisung oder durch Änderung der Decodierungsregeln. Ein solcher veränderter Code verändert auch die Bedeutung der genetischen Information und stellt sicher, dass hergestellte Proteine nur im manipulierten Wirt funktionell sind – wodurch die Information semantisch „contained" ist. Die Xenobiologie eröffnet z. B. die Möglichkeit, das Risiko einer Virus- oder Bakteriophagen-Infektion während der Kultivierung zu minimieren, da sich synthetische Zellen nicht mehr als Wirte für Viren und Phagen eignen. Das bedeutet, dass künstliche Zellen durch eine sog. „semantische Eindämmung" eine höhere Resistenz aufweisen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

oder nicht natürlicher Basen (Xeno-DNA) werden gegenwärtig untersucht (Kubyshkin et al., 2018).

Biocontainment durch Tötungsschalter (Kill-switches): Synthetische Zellen mit selbstzerstörenden Funktionen enthalten sogenannte Tötungsschalter. Ein Beispiel ist die Verwendung von natürlichen Toxin-Antitoxin-Systemen. Dabei enthält die Zelle ein Gen für ein Toxin (einen Giftstoff, der die Zelle töten würde), die Toxinexpression wird aber durch exogen (von außen) zugeführte kleine Moleküle unterdrückt, sodass die Zelle lebensfähig bleibt. Die Selbsttötung wird durch das Verlassen der definierten Umgebung ausgelöst, weil die zugeführten kleinen Moleküle fehlen. Andere Regulationsmodule für Tötungsschalter können Änderungen der Licht- oder Temperaturbedingungen sein. Dabei sollte immer im Auge behalten werden, dass diese Tötungsschalter zwar das Überleben von Zellen verhindern, aber die Nukleinsäuren nicht vollständig abbauen. Die DNA-Reste der toten Zellen könnten daher durch HGT Eingang in lebende Organismen finden. Dieses Problem kann durch eine sich selbst zerstörende codierte DNA-Schaltung gelöst werden. Eine bereits genutzte Strategie zum gleichzeitigen Abtöten von Zellen und ihrer Gene ist die Verwendung von Nukleasen (Genscheren, die DNA schneiden können, wie z. B. Cas9, die bei der Genomeditierung weit verbreitet sind) als Toxine im Rahmen der zellulären Tötungsschalter. Nuklease-basierte Systeme werden derzeit entwickelt und hauptsächlich verwendet, um die unerwünschte Verbreitung von Plasmiden (DNA-Ringe, die in Bakterien vorkommen und zwischen verschiedenen Bakterien ausgetauscht werden können) unter Bakterien zu verhindern. Diese oder ähnliche Strategien sollten auch anwendbar sein, um unbeabsichtigt freigesetzte synthetische Gene oder Organismen zu eliminieren.[51]

Ein *„Minimaler-Genom"-Ansatz* bietet die Möglichkeit, das Genom einer Zelle auf die notwendigsten Gene zu reduzieren (Martinez-Garcia/de Lorenzo, 2016). Solche Zellen würden in der natürlichen Umgebung im Idealfall nicht überleben und gelten daher theoretisch als sichere Wirte.

Der Wechsel zu *zellfreien Systemen* könnte als ultimatives Biosicherheitssystem angesehen werden, obwohl die Präsenz von genetischem Material auch Vorsichtsmaßnahmen nötig macht, da auch DNA-Bruchstücke von Organismen aufgenommen werden können und es auch so zu einem HGT kommen könnte.

Neben diesen Grundtypen von Biocontainment sind in letzter Zeit zahlreiche andere neue Strategien aufgekommen[52] (Lee et al., 2018). Schließlich besteht auch die Möglichkeit, dass ein unbeabsichtigt freigesetzter, künstlich hergestellter syntheti-

51 Kill-switches sind in Simon/Ellington (2016) zusammengefasst.

52 Etwa Transgeninaktivierung, Genintegritätsüberwachung, Mutagenese-Reduktion, transgene Kompartimentierung und funktionelle Redundanz (Lee et al., 2018).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

scher Organismus von anderen gentechnisch veränderten Organismen „gejagt" werden kann. Um dieses Ziel zu erreichen, haben George Church und Mitarbeiter vor Kurzem einen Genome-Editing-Ansatz entwickelt, der sogenannte „Gene-Drives" nutzt (DiCarlo et al., 2015). Alle genannten Ansätze und Methoden haben großes Potenzial, die oben beschriebenen „klassischen" Biocontainment-Methoden zu ergänzen und Verbesserungen in Bezug auf Robustheit und Effizienz zu realisieren.

8.5.4 Mögliche zukünftige Entwicklungen[53]

Die Weiterentwicklung der synthetischen Biologie und der Xenobiologie wird zu synthetischen Lebenssystemen führen, die trotz wesentlich erhöhter genetischer Isolation keine hundertprozentige Sicherheit für die Umwelt garantieren. Deshalb muss die Systemrobustheit und –effizienz kontinuierlich verbessert werden, ohne den synthetischen Wirten zu hohe metabolische und energetische Belastungen aufzuerlegen. Die langfristige Systemstabilität ist ein Schlüsselkriterium für eine effektive Absicherung (Merkel/Budisa, 2011).

Zukünftige Entwicklungen werden zweifellos zur Evolution verschiedener Formen synthetischer Organismen mit eingebautem nicht physikalischem Biocontainment führen. Vor allem die hochentwickelten Zweige der synthetischen Biologie (Ganzzellgentechnik, Genom-Recodierung) und der biomimetischen Biologie (z. B. Xenobiologie) werden dies ermöglichen (Budisa, 2014a). Design und Implementierung von Zellen, die entlang des Flusses der genetischen Information („zentrales Dogma") entwickelt werden, werden eine semantische oder informative Eindämmung erlauben. Dadurch wird der horizontale Genfluss mit natürlichen Spezies stark eingeschränkt und möglicherweise gänzlich eliminiert. Künstliches Leben in genetischer Isolierung (z. B. als „parallele biologische Welt") zu bilden, dürfte der vielversprechendste Ansatz für die Entwicklung sicherer (Xeno-)Organismen sein (Budisa, 2014c).

Jede zukünftige Entwicklung in Biologieforschung und -Engineering wird ohne Digitalisierung nicht möglich sein (Budisa, 2014b). Dabei wird das Konzept des Biocontainments höchstwahrscheinlich mit den Konzepten aus dem Bereich der Softwareentwicklung erweitert. Die Vorstellung von einem sich selbst ausbreitenden „Code", der andere „Codes" reparieren kann, ist in der Softwareentwicklung gut bekannt und könnte auch im Bio-Engineering verwendet werden. Theoretische Überlegungen dazu werden in der Literatur bereits diskutiert (Simon/Ellington, 2016).

53 Siehe Handlungsempfehlungen zur synthetischen Biologie.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

8.6 Was kann Gentechnik, was darf Gentechnik? Ein gesellschaftlicher Blick auf die Gentechnologien (Jens Reich)

Schon die Bezeichnung „Biotechnologie“ zeigt die für die ethische Beurteilung immer wieder auftretende Ambivalenz. Biotechnologie beinhaltet nämlich den technischen Eingriff in biologische Objekte und Systeme zum Nutzen der menschlichen Gesellschaft, für jedes Individuum oder (in einem definierten Sinn) für alle. Überdies kann der Eingriff auch zum Nutzen oder Schaden eines biologischen Systems im Sinne eines Ökosystems sein. Nutzen wie Schaden müssen objektiv ermittelt und utilitaristisch abgewogen werden und zusammen mit unabhängig davon vorhandenen moralischen Überzeugungen entscheidet sich im Ergebnis, ob der Eingriff gesamtgesellschaftlich für sachlich akzeptierbar und dabei ethisch vertretbar gehalten wird.

Die oben gegebenen Beispiele zeigen: Gentechnologien greifen tiefer ein als die vorangegangenen chemischen und physikalischen Methoden, nämlich auf der Ebene der informatorischen Konstitution und Funktionalität des Lebendigen. Materielle Basis des technologischen Eingriffs ist dabei die intakte lebende Zelle. Gezielt verändert wird die in der Primärstruktur von Biomakromolekülen gespeicherte Information. Die angestrebte Wirkung realisiert sich auf der epigenetischen Ebene der Aktion und Interaktion von Makromolekülen. Im Unterschied zur verbreiteten Wahrnehmung sind die technologischen Eingriffe nicht hart und irreversibel. Für eine gezielt gesetzte Mutation wird zum Beispiel angestrebt, dass sie (ebenso wie eine natürlich entstehende) bruchlos in die zelluläre Umgebung passt, wobei sie im Idealfall keine Nebeneffekte hervorbringt und auch keine nachweisbare Spur ihrer artifiziellen Entstehung hinterlässt. Im Prinzip soll der elementare Eingriff zudem rückholbar sein. Einschneidend und irreversibel wird ein Eingriff erst durch den weiteren Folgeprozess im systemischen Zusammenspiel.

Eine verbreitete Tendenz in der öffentlichen Diskussion erklärt den gentechnischen Eingriff für grundsätzlich zumindest fragwürdig, wenn nicht unzulässig. Abgeleitet wird ein solches Urteil entweder aus religiösen beziehungsweise weltanschaulichen Positionen (etwa das Verbot, „Gott ins Handwerk zu greifen“) oder aus der Besorgnis, dass die technische Neugestaltung lebender Organismen letzten Endes die Stabilität der Biosphäre auf dem Planeten gefährdet. Eine solche Haltung ist als verallgemeinertes Prinzip nicht konsistent zu begründen. Es postuliert, dass sich nichts ändern darf, obwohl sich alles ständig ohne menschliches Zutun spontan ändert. Dass der Mensch nicht mit technischem Werkzeug in die belebte Natur ein-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

greifen dürfe, bestreitet ihm in logischer Konsequenz das Recht auf evolutionäre Existenz. Denn die Herstellung einer „eigenen" Umwelt des Homo faber, als Kultur abgehoben von der äußeren Natur, war die Entstehungsbedingung der Spezies Homo sapiens in der Familie der Hominiden.

Aus diesem Grund kann eine Evaluation der Gentechnik nur am konkreten (Forschungs-)Projekt ansetzen. Sie muss zuerst den pragmatischen Wert eines solchen Vorhabens feststellen, ob es wissenschaftlicher Kritik standhält, und wem es objektiv Nutzen oder Schaden bringt – den Menschen oder der Natur. Der zweite Schritt ist dann die ethische Bewertung: ob es in seinen vorhersehbaren Konsequenzen moralisch geboten, vertretbar oder unzulässig ist. Dieser Auswertung hat sich die „instrumentelle Vernunft" der Wissenschaft und Technik zu stellen.

Ein grundlegendes bioethisches Problem ist dabei zum Beispiel der Einsatz von im Labor gehaltenen Versuchstieren als „Krankheitsmodell". Die notwendige Abwägung des Nutzens für Prävention, Diagnose oder Therapie gegen die Belastung durch die experimentelle Erforschung ist eine schwierige Herausforderung: Träger des Nutzens sind Menschengruppen (Patienten), Träger des Schadens ist das konkrete Versuchstier. Die Belastung geschieht aktuell, durch den Versuch – der (potenzielle) Nutzen tritt in der Zukunft ein. Der Nutzen ist ein unverbindliches Versprechen, der Schaden ist konkret. Es ist offensichtlich, dass für eine faire Abwägung die situativen Voraussetzungen ungleich sind.

Spezielle bioethische Probleme zeigen sich aktuell im Bereich des Genome-Editings: Bei (Versuchs-)Tieren wird Genomeditierung vor allem über Gameten oder frühe Embryonen realisiert. Für genetische Grundlagenforschung ist dies bereits heute eine Standardmethode. Es steht zu erwarten, dass auch kommerzielle Verwertung in der Nutztierhaltung breit eingesetzt werden wird. Eine interessante Anwendung könnte die Rettung von bedrohten oder sogar die Wiederherstellung von ausgestorbenen Wildtierarten (aus fossilen Quellen) sein.

Die Bewertung genomverändernder Konstruktionen entbehrt im Bereich der Mikroorganismen jeder Individualität – es sind ausschließlich ökologische Kriterien der betroffenen Sphäre relevant: ökologische Umgestaltung (Verbesserung oder Beschädigung) und die dadurch ausgelösten Prozesse. Anopheles- oder Aedesmücken durch Gene-Drive auszumerzen, kann neben dem denkbaren Nutzen ebenso schwerwiegende Konsequenzen für bioökologische Zustandsvariablen haben wie auch für die in demselben Ökotop lebenden menschlichen Gemeinschaften. Genome-Editing bei potenziell oder aktuell pathogenen Mikroorganismen bedarf daher hoher Sicherheitsvorkehrungen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Genom-editierende Projekte bei Wildpflanzen unterliegen ebenfalls strenger systemökologischer Evaluation. Bei Nutzpflanzen kommt das Problem der Kontamination der gentechnikfreien Land- und Lebensmittelwirtschaft hinzu. Offen ist, wie in Zukunft die einschlägigen Regulationsvorschriften und die Gesetzgebung zu gestalten sind, wenn sich gentechnisch erzeugte von gentechnikfrei erzeugten Genommodifikationen nicht mehr objektiv unterscheiden lassen.

Der in Zukunft mit perfektionierten Methoden denkbare Einsatz des Genome-Editings beim Menschen führt zwar zu nicht prinzipiell neuen, jedoch momentan aktuell werdenden bioethischen Problemen, am gravierendsten bei nicht einwilligungsfähigen oder noch gar nicht existierenden Patienten (frühen Embryonen oder bereits Keimzellen im Zuge der künstlichen Befruchtung). Als kategoriale ethische Grenzüberschreitung wird häufig das Genome-Editing in der menschlichen Keimbahn als gezielter Eingriff angesehen. Dabei können Keimbahnmodifikationen auch als nicht intendierter oder nicht zu verhindernder Nebeneffekt im Zuge einer somatischen Gentherapie auftreten, die notwendig wird, wenn der genetische Schaden sich sich in allen Körperzellen auswirkt. Dagegen wird eingewendet, dass es ethisch nicht vertretbar wäre, eine mögliche therapeutische Gen-Reparatur für das betroffene Individuum vorzunehmen, aber für dessen Nachkommen nicht. Bislang wurden für das internationale Moratorium gegen Keimbahnmodifikationen beim Menschen (Baltimore et al., 2015) keine moralischen, sondern vorwiegend pragmatische Argumente vorgebracht (Nebeneffekte und nicht abschätzbare soziale Folgen, Notwendigkeit einer weltweiten Akzeptanzdebatte u. a.). Das Moratorium soll daher auch nur so lange gelten, bis die besagten Techniken zuverlässig beherrschbar und zudem hinreichend sicher für den Gebrauch beim Menschen etabliert sind und die gesellschaftliche Debatte ergeben hat, dass solche Techniken ethisch zulässig sind. So bringt die stets wachsende Methodik mit ihren neuen Anwendungsmöglichkeiten auch eine Verschärfung bioethischer Entscheidungskonflikte, die sich als schwer lösbare politische Konflikte abbilden. Aufgabe der Wissenschaft bleibt pragmatisch orientierte Sachaufklärung als Grundlage für eine gesellschaftlich-politisch notwendige Einschätzung und ethische Bewertung ihrer Ergebnisse.

8.7 Literatur

Zu 8.2:

Drake, N. (2011): What is the human genome worth? In: Nature News. Online-Publikation 11.05.2011. DOI:10.1038/news.2011.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Müller, R./Wink, J. (2014): Future potential for anti-infectives from bacteria. How to exploit biodiversity and genomic potential. In: Int J Med Microbiol 304(1): 3–13. DOI: 10.1016/j.ijmm.2013.09.004.

The 1000 Genomes Project Consortium (2015): A global reference for human genetic variation. In: Nature 526: 68–74. DOI: 10.1038/nature15393.

Zu 8.3:

Aiuti, A. et al. (2002): Correction of ADA-SCID by stem cell gene therapy combined with nonmyeloablative conditioning. In: Science 296: 2410–2413.

Andtbacka, R.H. et al. (2015): Talimogene Laherparepvec improves durable response rate in patients with advanced melanoma. In: J Clin Oncol 33(25): 2780–2788.

Fehse, B. (2018): Genomeditierung durch CRISPR und Co. In: Zenke, M. et al. (Hrsg.): Stammzellforschung. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden: 97–113.

Fehse, B./Abramowski-Mock, U. (2018): The time is ripe for somatic genome editing: NIH program to strengthen translation. Mol Ther 26: 671–674.

Fehse, B./Domasch, S. (Hrsg.) (2011): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Forum W, Dornburg.

Fehse, B./Domasch, S. (2015): Themenbereich somatische Gentherapie. Translationale und klinische Forschung. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden: 211–308.

George, L. A. et al. (2017): Hemophilia B gene therapy with a High-Specific-Activity Factor IX variant. In: N Engl J Med 377: 2215–2227.

Gross, G. et al. (1989): Expression of immunoglobulin-T-cell receptor chimeric molecules as functional receptors with antibody-type specificity. In: Proc Natl Acad Sci USA 86(24): 10024–10028.

Hacein-Bey-Abina, S. et al. (2002): Sustained correction of X-linked severe combined immunodeficiency by ex vivo gene therapy. In: N Engl J Med 346(16): 1185–1193.

Hucho, F. et al. (Hrsg.) (2008): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Forum W, Dornburg.

Jain, M.D./Davila, M.L. (2018): Concise review. Emerging principles from the clinical application of chimeric antigen receptor T cell therapies for B cell malignancies. In: Stem Cells 36(1): 36–44.

Jinek, M. et al. (2012): A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. In: Science 337: 816–821.

Kaiser, J. (2011): Clinical research. Gene therapists celebrate a decade of progress. In: Science 334: 29–30.

Neelapu, S.S. (2018): Chimeric antigen receptor T-cell therapy. Assessment and management of toxicities. In: Nat Rev Clin Oncol 15: 47–62.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Porter, D.L. et al. (2011): Chimeric antigen receptor-modified T cells in chronic lymphoid leukemia. In: N Engl J Med 365: 725–733.

Rainov, N.G. (2000): A phase III clinical evaluation of herpes simplex virus type 1 thymidine kinase and ganciclovir gene therapy as an adjuvant to surgical resection and radiation in adults with previously untreated glioblastoma multiforme. In: Hum Gene Ther 11(17): 2389–2401.

Tebas, P. et al. (2014): Gene editing of CCR5 in autologous CD4 T cells of persons infected with HIV. In: N Engl J Med 370(10): 901–910.

Zu 8.4:

Fehse, B. (2018): Genomeditierung durch CRISPR und Co. In: Zenke, M. et al. (Hrsg.): Stammzellforschung. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden: 97–113.

Hess, G.T. et al. (2017): Methods and applications of CRISPR-mediated base editing in eukaryotic genomes. In: Mol Cell 68(1): 26-43. DOI: 10.1016/j.molcel.2017.09.029.

Kang, B.C. (2018): Precision genome engineering through adenine base editing in plants. In: Nat Plants. 4. DOI: 10.1038/s41477-018-0178-x.

Komor, A.C. et al. (2016): Programmable editing of a target base in genomic DNA without double-stranded DNA cleavage. In: Nature 533: 420–424.

Liu, W. et al. (2018): RNA-directed DNA methylation involves co-transcriptional small-RNA-guided slicing of polymerase V transcripts in Arabidopsis. In: Nat Plants 3: 181–188. DOI: 10.1038/s41477-017-0100-y.

Schindele, P. et al. (2018): Transforming plant biology and breeding with CRISPR/Cas9, Cas12 and Cas13. In: FEBS Lett. 592(12): 1954–1967. DOI: 10.1002/1873-3468.13073.

Zhao, X. et al. (2017): Pollen magnetofection for genetic modification with magnetic nanoparticles as gene carriers. In: Nat Plants 3(12): 956–964. DOI: 10.1038/s41477-017-0063-z.

Zu 8.5:

Acevedo-Rocha, C. G./Budisa, N. (2011): On the road towards chemically modified organisms endowed with a genetic firewall. In: Angew Chem Int Ed Engl 50: 6960–6962.

Agostini, F. et al. (2017): Biokatalyse mit nicht-natürlichen Aminosäuren. Enzymologie trifft Xenobiologie. In: Angew Chem 129: 9810–9835.

Budisa, N. (2012): Chemisch-Synthetische Biologie. In: Köchy, K./Hümpel, A. (Hrsg.): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Forum W, Dornburg: 85–120.

Budisa, N. (2014a): Xenobiology, new-to-nature synthetic cells and genetic firewall. In: Curr Org Chem 18(8): 936–943.

Budisa, N. (2014b): Book review. Life at the speed of light: from the double helix to the dawn of digital life. By J. Craig Venter. In: Angew Chem Int Ed Engl, 53(36): 9421–9422.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Budisa, N. (2014c): Parallele biologische Welt mit genetischer Firewall. Wahrheit oder Dichtung? In: Herzog, E. M. et al. (Hrsg.): Blickpunkt. Leben. Am Rande des Daseins? Books on Demand, Norderstedt: 93–106.

DiCarlo. J. E. et al. (2015): Safeguarding CRISPR-Cas9 gene drives in yeast. In: Nat Biotechnol 33(12): 1250–1255. DOI: 10.1038/nbt.3412.

Kubyshkin, V./Budisa, N. (2017): Synthetic alienation of microbial organisms by using genetic code engineering. Why and how? In: Biotechnol J 12(8). DOI: 10.1002/biot.201600097.

Kubyshkin, V. et al. (2018): On universal coding events in protein biogenesis. In: BioSystems, 164: 16–25.

Lee, J.W. et al. (2018): Next-generation biocontainment systems for engineered organisms. In: Nat Chem Biol 14: 530–537. DOI: 10.1038/s41589-018-0056-x.

Marliere, P. (2009): The farther, the safer. A manifesto for securely navigating synthetic species away from the old living world. In: Syst Synth Biol 3: 77–84. DOI: 10.1007/s11693-009-9040-9.

Martinez-Garcia, E./de Lorenzo, V. (2016): The quest for the minimal bacterial genome. In: Curr Opin Biotechnol 42: 216–224. DOI: 10.1016/j.copbio.2016.09.001.

Merkel, L./Budisa, N. (2011): Trendbericht Synthetische Biologie. Techniken. In: Nachrichten aus der Chemie 59: 309–312.

Moe-Behrens, G. H. (2013): Preparing synthetic biology for the world. In: Front. Microbiol. 4(5). DOI: 10.3389/fmicb.2013.00005.

Pawluk, A. (2017): Tiny answers to big questions. In: Cell 170(2): 215–217. DOI: 10.1016/j.cell.2017.06.033.

Schmidt, M. (2010): Xenobiology. A new form of life as the ultimate biosafety tool. In: BioEssays 32(4): 322–331. DOI: 10.1002/bies.200900147.

Schmidt, M. (2012): Safeguarding the genetic firewall with xenobiology. In: Institute on Science for Global Policy (Hrsg.): 21st century borders/synthetic biology: focus on responsibility and governance. Tucson, Arizona: 55–65.

Simon, A. J./Ellington, A. D. (2016): Recent advances in synthetic biosafety. In: F1000Res. Online-Publikation 31.08.2016. DOI: 10.12688/f1000research.8365.1.

Williams, T. A. et al. (2013): An archaeal origin of eukaryotes supports only two primary domains of life. In: Nature 504(7479): 231–236.

Wilson, D. J. (1993): NIH guidelines for research involving recombinant DNA molecules. In: Account Res 3: 177–185. DOI: 10.1080/08989629308573848.

Woese, C. R. (2002): On the evolution of cells. In: Proc Natl Acad Sci USA 99(13): 8742–8747. DOI: 10.1073/pnas.132266999.

Woese, C. R. (2004): A new biology for a new century. In: Microbiol Mol Biol Rev 68(2): 173–186. DOI: 10.1128/MMBR.68.2.173-186.2004.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Zu 8.6:

Baltimore et al. (2015): A prudent path for genomic engineering and germline gene modification. In: Science 348(6230): 36–38. DOI: 10.1126/science.aab1028.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Dieter Birnbacher

9. Gentechnisches Enhancement

9.1 Enhancement: Begriff

Enhancement hat sich eingebürgert als Begriff, der biomedizinische Mittel, Verfahren und Techniken umfasst, die nicht nur für die angestammten Aufgaben der Medizin – Heilung von Krankheiten, Lebenserhaltung, Symptomlinderung und gesundheitliche Vorsorge – eingesetzt werden, sondern auch zum Zweck der Steigerung von Fähigkeiten, zur Verbesserung von Lebensqualität und zur Gestaltung der äußeren Erscheinung bei Gesunden. Die Abgrenzung zu Verfahren der Steigerung von Fähigkeiten mit Mitteln, die nicht biomedizinischer Natur sind, etwa *Erziehung*, *Bildung*, *Übung* oder *Training*, ist nicht immer eindeutig und häufig kontrovers. So existiert etwa im Bereich des Dopings im Sport bislang kein einheitliches Abgrenzungskriterium. Die Grenze zwischen zulässigen und unzulässigen Trainingsverfahren wird vielmehr von den Dopingagenturen mehr oder weniger *ad hoc* gezogen. Am angemessensten wird die intuitive Unterscheidung zwischen Doping und anderen Verfahren der Leistungssteigerung im Sport durch ein Kriterium der „Natürlichkeit" rekonstruiert, das die direkte Anwendung von „künstlichen" Mitteln wie die Einnahme leistungssteigernder Pharmaka dem Doping zurechnet, nicht aber das Training mithilfe von „künstlichen" Hilfsmitteln wie speziell für diesen Zweck konstruierten technischen Geräten (Pawlenka, 2010).

Das insbesondere im Breitensport weithin verbreitete Doping mit leistungssteigernden Substanzen ist nur eine von vielen Facetten aus dem breiten Spektrum von gegenwärtig verfügbaren Enhancement-Angeboten. Wachsende Bereiche der Medizin und der direkt oder indirekt in das Medizinsystem involvierten Aktivitäten (Pharmaforschung, Apotheken, Medizintechnik, Psychotherapie) widmen sich nicht mehr nur der Behandlung und Bekämpfung von Krankheiten, sondern gleichberechtigt oder sogar vorrangig der Steigerung der Leistungsfähigkeit über das Normalmaß hinaus (Sportmedizin), der Kompensation natürlicher Degenerationsprozesse (Anti-Aging), der Verschönerung des Körpers (ästhetische Chirurgie) oder der Verbesserung des Wohl-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

befindens bei nicht krankheitswertigen psychischen Störungen (Psychotherapie). Teils kommen dabei neu entwickelte Mittel, Verfahren und Techniken zum Einsatz, zum größeren Teil jedoch Verfahren, die zunächst zu gesundheitsbezogenen Zwecken entwickelt und genutzt worden sind, von denen aber – von Anfang an oder im späteren Verlauf – klar wurde, dass sie sich auch zu Zwecken außerhalb ihres ursprünglichen Anwendungsbereichs einsetzen lassen und vielfach erst dadurch für ihre Hersteller wirtschaftlich interessant wurden. Die Dynamik dieser Entwicklung ist beträchtlich, auch wenn vielfach umstritten ist, wie weit die angestrebten Wirkungen tatsächlich auf die zum Zweck des Enhancements genutzten Mittel zurückgeführt werden können. Bei Stimmungsaufhellern etwa scheint ein großer Teil der sich einstellenden Wirkung auf Placebo-Effekte zurückzugehen, insbesondere die Erwartung, dass sich infolge der Einnahme die Stimmung aufhellt (Galert et al., 2009: 45).

9.2 Enhancement: Bewertung

Wie alle Formen der technischen Veränderung des naturwüchsig Vorgegebenen lassen sich auch die Mittel der Biomedizin sowohl zur Bewältigung von Not- und Zwangslagen als auch zur Realisierung anderweitiger Ziele nutzen und werden dazu seit Beginn des wissenschaftlichen Zeitalters genutzt – einerseits als Mittel zur Erzeugung kurzfristiger Zustände (wie etwa Rauschmittel), andererseits zum Erwerb längerfristiger Fähigkeiten (wie Mitteln zum Muskelaufbau) und Erscheinungsweisen (wie ästhetisch-chirurgische Eingriffe). Zugrunde liegt das nicht nur beim Menschen, sondern bereits bei seinen animalischen Vorgängern ausgeprägte Interesse an Selbstgestaltung, Lebensgestaltung und Ästhetisierung. Es zeigt sich bereits in einer der ältesten Kulturtechniken, der Bemalung der Haut mit Naturfarben zur Markierung von Rangunterschieden. Selbststeigerung mit „künstlichen" – selbst geschaffenen oder durch Bearbeitung von Natursubstanzen erzeugten – Mitteln ist für den Menschen etwas mehr oder weniger Natürliches.

Dennoch berufen sich viele pauschale Argumentationen gegen das Enhancement unter anderem auf Natürlichkeitsargumente (z. B. President's Council, 2004): Enhancement sei unter anderem als „naturwidrig" abzulehnen. Es fragt sich jedoch, warum die durch Enhancement ermöglichten *shortcuts* – im Sinne der technischen Umgehung oder Überholung natürlicher Prozesse – unzulässig sein sollen, wenn doch in nahezu allen anderen Bereichen der Technikanwendung technische *shortcuts* hochwillkommen sind und die damit verfolgten Zwecke – physische und kognitive Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden, Schönheit – gesellschaftlich hohe Wertschätzung erfahren, solange sie nicht mit biomedizinischen, sondern mit den Mitteln von Disziplin, Übung und Trai-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ning angestrebt werden. Auch in Deutschland trifft das Enhancement auf weitverbreitete Skepsis. Sie zeigt sich unter anderem in der Neigung, die Verwendung von primär zu therapeutischen Zwecken entwickelten und genutzten Mitteln und Verfahren zu Zwecken des Enhancements umstandslos als „Missbrauch" zu etikettieren – und zwar auch dann, wenn diese Verwendung eine positive Nutzen-Kosten-Bilanz aufweist und keine (unvertretbaren) Risiken für Dritte birgt. Demgegenüber lag den Vordenkern des wissenschaftlich-technischen Fortschritts der Gedanke, dass die Nutzung biomedizinischer Techniken zu Zwecken außerhalb der herkömmlichen Aufgaben der Medizin abgewertet werden könnte, gänzlich fern. Statt sie als „Zweckentfremdung" zu brandmarken, haben die Hauptvertreter des „prometheischen" Denkens zu Beginn der Neuzeit mit dem verbessernden Gebrauch der Mittel der Medizin Hoffnungen, Erwartungen, ja sogar Forderungen verbunden. So erwartete Descartes von der Zukunft der Medizin nicht nur bessere Therapien für Krankheiten, sondern auch etwa die Behebung oder Linderung der Altersschwäche (Descartes, 1960: 103).

Dabei kommt dem Enhancement im Sport insofern eine Sonderrolle zu, als in diesem Bereich in der Tat die Attraktivität der darunter befassten Aktivitäten weitgehend von der Einhaltung bestimmter Fairness- und Reinheitsregeln abhängt, zu denen unter anderem auch das Dopingverbot gehört. Bei Wettkampfsportarten sollen die „natürlichen" Fähigkeiten und nicht die „künstlichen" Hilfsmittel über Sieg und Niederlage entscheiden. Ohne eine Bezugnahme auf Natürlichkeit als Prinzip ist nicht nur der Sport als gesellschaftliche Institution nicht angemessen zu verstehen. Auch die vom Sport ausgehende Faszination liegt wesentlich in der Demonstration dessen, was der Mensch *aus eigener Kraft* leisten kann (Birnbacher, 2013).

Die – auf den Sport bezogen – berechtigten Vorbehalte gegen die „Unnatürlichkeit" des Enhancements lassen sich allerdings nicht auf Bereiche jenseits des Sports übertragen, insbesondere nicht auf Formen, die man – in Anlehnung an eine ähnliche Unterscheidung bei Bernward Gesang (2007: 63 ff.) – dem „kompensatorischen" Enhancement zurechnen kann, der Herstellung oder Wiederherstellung eines als „normal" definierten Funktionsniveaus. Dazu gehören Verfahren wie Anti-Aging, Kinderwunschbehandlung, Linderung von Schmerzen und die Erleichterung des Sterbens, aber auch die Kompensation genetisch bedingter Benachteiligungen mit den Mitteln der Gentechnik, wie sie die Autoren der amerikanischen Studie „From Chance to Choice" ins Auge fassen (Buchanan et al., 2000). Jedes Mal geht es um die Aufrechterhaltung oder Wiedergewinnung eines als normal und angemessen beurteilten Zustands, ohne dass das, was dieser Normalität im Wege steht, als krankheitswertig gelten kann.

In der Tat werden für die diversen Formen eines *kompensatorischen* Enhancements die gewöhnlich gegen das Enhancement insgesamt vorgebrachten Bedenken weitge-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

hend suspendiert. Die der Unterscheidung zwischen kompensatorischem und nicht kompensatorischem oder „erweiterndem" Enhancement zugrundeliegende Vorstellung von Normalität ist dabei durchweg durch soziokulturelle Normen bestimmt. So gilt der Kinderwunsch und die Inanspruchnahme ärztlich assistierter Reproduktion unabhängig von Häufigkeit und Intensität bei einem Ehepaar weithin als normal, bei einem lesbischen Paar weithin als unnormal (auch wenn es mittlerweile der Normalität nähergerückt ist als noch vor zehn Jahren), der Wunsch nach einem gesunden Rücken bei Siebzigjährigen als normal, der Wunsch nach sportlichen Erfolgen nicht. Die Trennlinie zwischen kompensatorischem und erweiterndem Enhancement ist ebenso kulturabhängig wie die zwischen kompensatorischem Enhancement und Therapie. Da zwischen diesen Formen des Enhancements in der Regel ebenso normativ abgestuft wird wie zwischen Enhancement und Therapie, ist die Festlegung, welche biomedizinischen Verfahren als kompensatorisch und welche als erweiternd gelten, normativ folgenreich. Sie kann insofern keine Sache von Experten sein, sondern muss auf dem Weg demokratischer Willensbildung erfolgen (Huster, 2009: 1716).

9.3 Ethische Risiken des gentechnischen Enhancements

Anwendungen der Gentechnik zu Zwecken des Enhancements weisen ein sehr unterschiedliches ethisches Risikoprofil auf. Die Akzeptabilität einer Anwendung hängt im Wesentlichen davon ab, wie weit eins oder mehrere der folgenden ethisch *prima facie* problematischen Merkmale auf sie zutreffen:

1. Anwendung im Bereich des Sports
2. „Erweiternd" statt kompensatorisch
3. Irreversibilität
4. Risiken für Dritte
5. Fremdbestimmungsrisiken

Alle fünf Dimensionen scheinen normativ bedeutsam, wobei die Reihenfolge nicht darüber besagen soll, welche Dimension welches Gewicht hat.

9.3.1 Anwendungen im Bereich des Sports

Der Bereich des Sports steht am Anfang, weil hier gentechnische Eingriffe ins Genom am eindeutigsten ethisch wie rechtlich unzulässig sind, aber auch weil sich in diesem Bereich die am weitesten entwickelten Anschauungsbeispiele für den Einsatz gentechnischer Verfahren zu Zwecken des Enhancements finden. Da zwecks Erhaltung des spe-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

zifischen Charakters des Sports als Demonstration natürlicher Fähigkeiten jede Form von Doping als unzulässig gelten muss, muss *a fortiori* auch jede Form eines genetischen Dopings als verboten gelten. Allerdings ist die zurzeit geltende Definition des Gendopings durch die Welt-Anti-Doping-Agentur (WADA) zu Recht umstritten. Sie bezieht nicht nur die Übertragung von genetischem Material wie DNA oder RNA in das menschliche Genom ein, sondern auch die „Anwendung normaler oder genetisch veränderter Zellen" zum Zweck sportlicher Leistungssteigerung. Die Frage stellt sich, ob jede Einwirkung auf den Organismus des Sportlers, die auf Leistungssteigerung angelegt ist und direkt oder indirekt mithilfe von Gentechnik erfolgt, als „Gendoping" gelten sollte. Gemeinhin werden mit diesem Ausdruck Eingriffe ins Genom mithilfe von Techniken verbunden, die aus der somatischen Gentherapie bekannt sind, also zum Beispiel die Einschleusung von genetischem Material mittels viraler Fähren, die – zumeist in einem umschriebenen Körperareal – Teile des Genoms eliminieren, ersetzen oder ergänzen. Nicht verbunden damit werden Anwendungen von gentechnisch veränderten Zellen, die nicht oder zumindest nicht direkt das Genom verändern, sondern allenfalls die Genexpression beeinflussen, etwa durch die Modulierung epigenetischer Mechanismen. Andernfalls müsste zum Beispiel das Blutdoping ebenfalls unter den Begriff „Gendoping" subsumiert werden, da es sich auch dabei um eine „Anwendung von Zellen" handelt.

Da sich die Verfahren der somatischen Gentherapie noch weitgehend im Versuchsstadium befinden und diese allenfalls vereinzelt zu Zwecken des Enhancements taugen, ist vorerst nur mit wenigen Versuchen zu rechnen, die sportliche Leistung mithilfe von „Gendoping" im engeren Sinn zu steigern. Das könnte sich allerdings in Zukunft ändern, vor allem dann, wenn mit CRISPR/Cas9 und anderen effizienten Verfahren der Genomeditierung erweiterte Möglichkeiten einer gezielten Genomveränderung zur Verfügung stehen. Angesichts der nach wie vor agonalen Struktur des Sports und der von Wettkämpfen und Rekorden ausgehenden Publikumsfaszination ist damit zu rechnen, dass das Doping für Sportler seinen Reiz nicht nur auf Dauer behalten, sondern eventuell sogar noch steigern wird, da sich mit den neuen Verfahren möglicherweise ungeahnte Möglichkeiten eröffnen, vor allem, wenn diese zugleich sicherer und schwerer nachweisbar werden. An der Sicherheit der gegenwärtig entwickelten Methoden mangelt es noch. Diese dürfte allerdings auf dem Umweg über die zunehmende Anwendung somatisch-gentechnischer Verfahren zu therapeutischen Zwecken ebenfalls zunehmen. Zu einem Dauerproblem könnte sich die Nachweisbarkeit entwickeln. Sobald die Zellen durch genetische Eingriffe dazu gebracht werden, das gewünschte Dopingmittel selbst zu produzieren, lässt es sich bei Kontrollen nur schwer von „natürlichen" Startvorteilen unterscheiden. Das gegenwärtige „Wettrüsten" zwischen Dopern

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

und Kontrolleuren dürfte also nicht nur weitergehen, es dürfte auch noch um einiges hartnäckiger werden – möglicherweise bis zu dem Punkt, an dem die von der Sophistikation der Dopingmittel erzwungene Strenge ihrer Aufdeckung eine so militante und quasi polizeistaatliche Dichte der Kontrollen erfordert, dass die betroffenen Sportarten ihre Faszinationskraft verlieren.

9.3.2 „Erweiternd" vs. kompensatorisch

Die Unterscheidung zwischen „erweiterndem" und kompensatorischem Enhancement ist normativ signifikant. Wünsche nach Normalisierung – der Aufrechterhaltung und Wiederherstellung von Normalität – sind in der Regel *vordringlicher* als Wünsche nach Überbietung der Normalität. Dass der Wunsch nach Erfüllung des Normalmaßes ein höheres Maß an Legitimität bedingt, scheint bereits aus dem Begriff der Normalität selbst zu folgen. Wie es im Begriff der Krankheit selbst angelegt ist, dass Wünsche nach Behandlung von Zuständen mit Krankheitswert in der Regel vordringlicher sind als Wünsche nach Enhancement, impliziert bereits der Begriff der Normalität, dass Wünsche nach kompensatorischem Enhancement, Vorrang verdienen. Insofern wiegt die Risikovorsorge bei „erweiterndem" Enhancement schwerer als bei kompensatorischem Enhancement. Je mehr der Wunsch nach Enhancement der Überbietung des Normalen dient, desto höher müssen die Anforderungen an die Qualität und Detailliertheit der Aufklärung, an die Freiwilligkeit der Einwilligung und an den Ausschluss von Risiken für Dritte sein. So sind die Aufklärungserfordernisse etwa an ästhetische Operationen zu Recht strenger gefasst als die an Operationen mit therapeutischer Zwecksetzung. Angesichts der Tendenz zur Überschätzung des Erfolgs („overconfidence") kann es bei solchen Eingriffen mehr als bei anderen angebracht sein, die Nachfragenden vor Fehleinschätzungen der Chancen und Risiken und voreilig eingegangen Irreversibilitäten zu warnen. In Einzelfällen kann es legitim oder sogar geboten sein, gewünschte Behandlungen gezielt abzulehnen.

9.3.3 Irreversibilität

Irreversibilität ist ein gewichtiges Risikomerkmal, da sie die Freiheit des Einzelnen beschränkt, erwarteten oder unerwarteten Schaden aus einer steigernden Anwendung rückgängig zu machen. Eine Brille mit eingebautem Smartphone lässt sich jederzeit absetzen, ein direkt ins Ohr eingebautes Handy schon weniger, ein Chip im Gehirn ohne An-Aus-Schalter möglicherweise gar nicht. Neben ihrer Invasivität ist Irreversibilität eines der charakteristischen ethisch relevanten Merkmale gentechnischer Eingrif-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

fe. Anders als Behandlungen, die lediglich die Genexpression modulieren, haben sich gezielte Eingriffe ins menschliche Genom – ob somatisch oder in die Keimbahn – bisher als durchweg irreversibel erwiesen. Es ist offenkundig, dass dieses Merkmal das Risiko gentechnischer Eingriffe zu Zwecken des Enhancements erheblich verschärft. Umstritten ist allerdings, ob daraus folgt, dass derartige Eingriffe auch außerhalb des sportlichen Bereichs als grundsätzlich unzulässig gelten müssen. Zweifelhaft wäre das möglicherweise für gentechnische Eingriffe zur Erzielung somatisch-genetischer Veränderungen kompensatorischer Art, etwa der zur Lebensverlängerung bei genetisch bedingter Verkürzung der Lebenserwartung oder zur Behebung von genetisch bedingter Sterilität. Auch wenn die Risiken derartiger Eingriffe wegen der Irreversibilität der Eingriffe als ethisch gravierend eingeschätzt werden müssen, würden die Betroffenen sie wegen der aus ihnen erwachsenden Chancen womöglich in Kauf nehmen wollen. Solange keine weiteren Personen betroffen sind, muss die Entscheidung auch in solchen Fällen bei den Individuen verbleiben, auch dann, wenn andere oder die Gesellschaft insgesamt diese Entscheidungen für unvernünftig oder wenig nachvollziehbar halten. Wie „vernünftig“ oder „unvernünftig“ die Inanspruchnahme gentechnischen Enhancements für die jeweils eigene Person ist, hängt von individuellen Dispositionen und Wertpräferenzen ab und lässt sich kaum verallgemeinern. Was klug und was unklug ist, lässt sich nicht intersubjektiv verbindlich angeben. Warum sollte es sich nicht eines Tages als praktisch erweisen, einen Chip eingebaut zu tragen, der es erlaubt, die Bewegung eines Mauszeigers über einen Bildschirm durch bloße Gedankenanstrengung zu steuern (ein Verfahren, das sich bei schwer Körperbehinderten bewährt hat; Brooks, 2002: 236 ff.)? Als ebenso praktisch könnte es sich erweisen, an sich selbst einen irreversiblen somatisch-gentechnischen Eingriff vornehmen zu lassen, der einen mit einiger Wahrscheinlichkeit vor frühzeitiger Alterung schützt. Die Erfahrung mit dem Doping zeigt jedenfalls, dass die „künstliche“ Steigerung von Fähigkeiten, etwa mit pharmazeutischen Mitteln, von denen, die sich auf sie eingelassen haben, keineswegs durchgängig als Fehlentscheidung bedauert wird (Caysa, 2003: 266 ff.).

9.3.4 Risiken für Dritte

Risiken für Dritte sind sowohl bei somatischen wie insbesondere auch bei gentechnischen Interventionen in die Keimbahn ethisch signifikante Faktoren. Bei somatischen Anwendungen ist insbesondere das Risiko von Infektionen, die durch die viralen Trägersubstanzen bei den Behandelnden und im Umfeld des Behandelten ausgelöst werden können, nicht zu vernachlässigen. Schwerer wiegen die Fremdrisiken bei möglichen gentechnischen Eingriffen in die Keimbahn, etwa zur dauerhaften Behebung von gene-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

tisch bedingten und sozial leicht zu Diskriminierung führenden Leistungsschwächen. Bedeutsam ist dabei, dass sich das Risikoprofil gentechnischer Eingriffe in die Keimbahn unter anderem dadurch von dem somatisch-genetischer Eingriffe unterscheidet, dass Änderungen des Genoms von Keimbahnzellen an die Nachkommen vererbt und über mehrere Generationen weitergegeben werden können. Keimbahninterventionen haben einen generationenübergreifenden Aspekt. Mit den Chancen einer dauerhaften Steigerung von Eigenschaften und Fähigkeiten würden entsprechende Eingriffe auch deren Risiken übertragen. Im Tierversuch wurde die Übertragbarkeit solcher Eingriffe bereits demonstriert. Bereits 1982 wurde durch Einschleusen des Gens für das Wachstumshormon von Ratten die erste „Riesenmaus" erzeugt, die nahezu doppelt so groß ist wie normale Mäuse (Palmiter et al., 1982). Diese Veränderung erwies sich als auf die Nachkommen übertragbar. Gleichzeitig ist die „Riesenmaus" ein Beispiel dafür, dass mit dem Größenzuwachs eine Vielzahl gesundheitlicher Schäden und Risiken verbunden ist (Alzmann, 2016: 403).

In der gegenwärtigen Debatte über die Zulässigkeit von gentechnischen Eingriffen in die menschliche Keimbahn mit primär therapeutischer Zielsetzung haben viele der in der Debatte um die „Gentherapie" der 1990er Jahre vorgebrachten Argumente an Bedeutung verloren: das Argument der *Unnatürlichkeit* einer künstlich manipulierten Genausstattung, das Argument der *Verletzung der menschlichen Würde* durch Eingriffe in den mit dem Genom identifizierten „Wesenskern" des Individuums und das Argument der damit verbundenen *Instrumentalisierung* dieses Wesenskerns. Auch wenn sich weiterhin Vorbehalte gegen einen Zugriff auf das Genom zu Wort melden, wie sie sich exemplarisch in der Einführung des Begriffs der „Würde der Kreatur" in die schweizerische Bundesverfassung im Jahr 1992 gezeigt hat, ist die gegenwärtige Debatte im Wesentlichen durch rein *konsequenzialistische* Argumente bestimmt. Der Fokus liegt auf der Risikostruktur gentechnischer Keimbahneingriffe. Für viele gelten solche Eingriffe selbst dann als ethisch unzulässig, wenn sie ausschließlich oder primär zu therapeutischen Zwecken vorgenommen werden. Umso umstrittener ist ihre Anwendung zu Zwecken des Enhancements. Während gegenwärtig weitgehend Konsens darüber besteht, dass klinische Versuche mit einer gentechnischen Veränderung der Keimbahn mithilfe von Genscheren wie CRISPR/Cas9 auf dem heutigen Stand des Wissens nicht zu verantworten sind, ist unklar, wie weit Forschungen zu beurteilen sind, die darauf hinarbeiten, diese Verfahren so sicher zu machen, dass sich klinische Versuche rechtfertigen lassen. Führende auf diesem Gebiet tätige Wissenschaftler sind der Überzeugung, dass sich die Risiken einer Keimbahnintervention mit Techniken des *Genome-Editings* hinreichend einschätzen und eindämmen lassen, um in nicht allzu ferner Zukunft klinische Anwendungen zuzulassen (Doudna/Sternberg, 2017: 222 ff.). Auch die Autoren

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der umfassenden Studie der US-amerikanischen National Academies of Science, Engeneering and Medicine gehen davon aus, dass eine Forschung zu potenziellen klinischen Anwendungen der Keimbahnveränderung mit den neuen Genscheren sinnvoll ist. Andernfalls hätten sie darauf verzichtet, einen Katalog ethischer Anforderungen an eine solche Forschung aufzustellen (National Academies, 2017: 7 ff.). Genährt wird diese Einschätzung unter anderem durch die neueren erfolgreichen, aber in der Deutung ihrer Ergebnisse umstrittenen Versuche gezielter therapeutischer gentechnischer Eingriffe in die Keimbahn von Liang et al. (2015) an nicht entwicklungsfähigen und von Ma et al. (2017) an entwicklungsfähigen menschlichen Embryonen. Andere halten eine auf die klinische Anwendung zielende Forschung der neuen Formen genetischer Veränderung für problematisch. Sie verweisen auf die Schwierigkeiten, die aus einer potenziellen Anwendung resultierenden Risiken umfassend zu überblicken und einzuschätzen und hinreichend sicher auszuschließen, dass es durch Fehlanlagerungen des eingeschleusten Genmaterials („Off-target"-Effekte) zu schweren gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommt. Bis dato haben sich unerwünschte Nebeneffekte dieser Art als nicht sicher ausschließbar erwiesen. Wegen häufiger Mosaikbildung lassen sich mögliche Off-target-Effekte auch durch eine nachträgliche Präimplantationsdiagnostik nicht vollständig identifizieren. Vertreter dieser skeptischen Position treten insofern entweder für ein gesetzliches Verbot dieser Forschung ein oder empfehlen, zur Verhinderung der Weitergabe schwerer genetisch bedingter Erkrankungen an die Nachkommen auf die weitere Verbesserung der Präimplantationsdiagnostik und des selektiven Transfers von nicht belasteten Embryonen zu setzen. Die Vergabe öffentlicher Fördergelder sollte sich dann eher auf diese – in ihren Risiken besser überschaubare – Technik statt auf das Genome-Editing an der menschlichen Keimbahn konzentrieren. Ein Grund für die letztere Strategie sehen ihre Vertreter unter anderem in der besseren Vereinbarkeit mit dem verfassungsmäßigen Grundsatz der Forschungsfreiheit (Deutscher Ethikrat, 2007: 39 f.) und der Schwierigkeit, zwischen Grundlagen- und translationaler Forschung eine eindeutige Grenze zu ziehen (European Group on Ethics, 2016: 242). Gegen ein gesetzliches Verbot jedweder klinisch orientierten Forschung spricht darüber hinaus, dass es die Grundlagenforschung zur Genomeditierung übermäßig beeinträchtigen könnte (Birnbacher, 2018). Auch das in Deutschland gegenwärtig geltende Embryonenschutzgesetz verbietet die Forschung zu gentechnischen Eingriffen an menschlichen Keimbahnzellen nicht kategorisch. Es verbietet sie nur insoweit, als dabei Forschung an Embryonen betrieben wird oder die genetisch veränderten Zellen zu reproduktiven Zwecken verwendet werden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

9.3.5 Fremdbestimmung

Als Fremdbestimmungsrisiken lassen sich diejenigen Risiken zusammenfassen, die dem Betroffenen nicht aus dem gentechnischen Eingriff selbst, sondern daraus erwachsen, dass er an der Entscheidung über den Eingriff nicht beteiligt wird oder nicht beteiligt werden kann – zum Beispiel weil er zur Zeit des Eingriffs über die dazu erforderliche Entscheidungsfähigkeit nicht verfügt (als Kleinkind oder als anderweitig Unmündiger) oder weil der Eingriff im zeitlichen Vorfeld der Geburt erfolgt. Ein Fremdbestimmungsrisiko ergibt sich insbesondere bei gentechnischen Eingriffen in die Keimbahn, die vor der Bildung des Embryos oder in den ersten Tagen der Embryonalentwicklung ansetzen, und sie ergibt sich insbesondere bei Eingriffen, die auf ein Enhancement der Nachkommen zielen, etwa um diese mit bestimmten erwünschten qualitativen Merkmalen auszustatten beziehungsweise um deren Chance zu erhöhen, bestimmte erwünschte qualitative Merkmale auszuprägen. Dieses Risiko ist nicht spezifisch für Keimbahnmodifikationen. Es ergibt sich auch für pränatale somatisch-genetische Eingriffe und nicht zuletzt auch für die Präimplantationsdiagnostik, soweit diese eine Auswahl für den Transfer in den mütterlichen Uterus nicht nur nach dem Kriterium des Fehlens einer bestimmten genetischen Belastung, sondern darüber hinaus auch nach positiven Merkmalen trifft, etwa der prospektiven Immunausstattung des späteren Kindes. Allerdings besteht das Risiko der Fremdbestimmung bei gentechnischen Eingriffen in die Keimbahn in sehr viel radikalerer Weise als bei Verfahren wie der selektiven Verwerfung von Embryonen nach Präimplantationsdiagnostik. Bei diesem Verfahren ist die Wahlentscheidung über qualitative Merkmale des Nachwuchses strikt auf die genetischen Konstellationen eingeschränkt, die sich bei der Kombination der elterlichen Gene natürlicherweise, das heißt zufällig, ergeben. Eine Wahlentscheidung kann stets nur aus dem bestehenden Angebot getroffen werden. Dagegen eröffnet die Keimbahnintervention wesentlich erweiterte Möglichkeiten der Entscheidung über die qualitative Beschaffenheit der Kinder, soweit diese wesentlich oder partiell von genetischen Faktoren abhängt – sehr viel weitergehende auch als etwa beim Klonen, bei dem ein bereits existierendes individuelles Genom lediglich kopiert wird und der Klon dazu verurteilt ist, neben den Vorteilen, die er aus seiner Genausstattung zieht, auch die daraus erwachsenden Nachteile mit der Person, dessen Genom er (weitgehend) übernimmt, zu teilen.

Mit Fremdbestimmungsrisiken dieser Art ist für die Zukunft mit einiger Wahrscheinlichkeit zu rechnen – zumindest für den Fall, dass sich hinreichend sichere Ansätze einer gentechnischen Keimbahnintervention zu therapeutischen Zwecken etabliert haben. Es ist davon auszugehen, dass bei Vorliegen von Verfahren, die die Möglichkeiten der Präimplantationsdiagnostik überbieten (etwa zur Korrektur von genetischen Belastungen bei homozygoten Paaren oder zur Behebung genetisch be-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

dingter Sterilität), zugleich auch ein Anreiz besteht, diese Verfahren auch für nicht gesundheitsbezogene Zwecke zu nutzen und, falls sie im Inland verboten werden sollten, durch „genetischen Tourismus“ (Glover, 2006: 77) zu umgehen. Schließlich wird auch die Präimplantationsdiagnostik bereits seit längerem international zur Geschlechtswahl genutzt. Robert Nozicks Vision eines „genetischen Supermarkts“ (Nozick, 2011: 442) ist kein Hirngespinst, sondern könnte bald Realität werden. Mit den therapeutischen Möglichkeiten der neuen hocheffizienten Genscheren ist jedenfalls Tür und Tor geöffnet für eine Vielzahl nicht therapeutischer Anwendungen. Zwar erscheint es wenig wahrscheinlich, dass die in Zukunft zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zur gezielten „Programmierung“ von Nachkommen dazu führen, dass eine große Anzahl Eltern die Beschaffenheit ihrer Kinder quasi „nach Katalog“ aussuchen oder in anderer Weise „designte“ Babys statt nach dem Zufallsprinzip zustande gekommene Kinder haben wollen. Auch wenn das „corriger la fortune“ in der Reproduktion üblicher würde als heute, liefe es wahrscheinlich auf lediglich kleinere Korrekturen hinaus und nicht auf eine totale Ersetzung des Zufalls durch Planung. Aber auch wenn die Folgen sehr viel weniger dramatisch wären als die sich gegenwärtig aufgrund der Verfügbarkeit selektiver Techniken in vielen Ländern entwickelnde Ungleichverteilung der Geschlechter, wäre die einmal etablierte Entwicklung nicht wieder rückgängig zu machen.

Das spezifische Fremdbestimmungsrisiko der Keimbahnintervention zu Zwecken des Enhancements liegt darin, dass anders als bei den Eingriffen zu therapeutischen Zwecken nicht garantiert ist, dass der Betroffene von dem Eingriff profitiert und dass er seine auf der Wahlentscheidung anderer beruhende genetische Ausstattung als Erweiterung und nicht als Einengung seiner Lebensmöglichkeiten empfindet. Bei therapeutischen Eingriffen kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass sie, indem sie schwere genetisch bedingte Belastungen vermeiden oder mindern, sowohl unter dem Gesichtspunkt des Wohltuns als auch unter dem der Selbstbestimmung eine insgesamt positive Bilanz aufweisen. Zwar kann der Betroffene nicht selbst über die Vornahme des Eingriffs (mit-)entscheiden, aber er wird diese Entscheidung in der Regel nachträglich sowohl als Erleichterung empfinden als auch gutheißen. Nur wenige Heranwachsende oder Erwachsene beklagen sich darüber, dass ihre Eltern ihrer Impfung gegen Kinderlähmung zugestimmt haben. Das ist anders in Fällen, in denen eine von zwei Konstellationen vorliegt: dass die Wahl der Eltern über die Merkmale der Kinder Wünsche der Eltern realisiert, die erwartbar nicht mit den Wünschen des aus der genetischen Steuerung hervorgehenden Individuums übereinstimmen; oder dass die Wahl der Eltern die Wahlmöglichkeiten des aus der genetischen Steuerung hervorgehenden Individuums übermäßig einengt. Im ersten Fall liegt ein Fall von „Instrumentalisierung“ des Nachkommens (bzw. der ganzen sich über Generationen erstreckenden Rei-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

he der betroffenen Nachkommen) zur Erfüllung eigener Wünsche vor, im zweiten ein Fall von Nicht-Beachtung des von Joel Feinberg so genannten „Rechts auf eine offene Zukunft" (Feinberg, 1980). „Instrumentalisierung" sollte dabei nicht so verstanden werden, dass sie – wie es häufig in Anschluss an Kant geschieht – bereits als solche als Verletzung der Menschenwürde des betroffenen Nachkommens gewertet wird. Der betroffene Nachkomme kann sich durch seine von anderen partiell determinierte Genausstattung ja in unterschiedlichem Maße benachteiligt sehen, und leichtere Benachteiligungen stellen seine fundamentale menschliche Würde nicht in Frage. Ähnliche Formen von „Instrumentalisierung" der Nachkommen zugunsten der Präferenzen, Ideale und Überzeugungen der Eltern beziehungsweise der Gemeinschaft, der sie entstammen, kennen wir aus anderen Bereichen, etwa die Fixierung des Geschlechts eines in dieser Hinsicht nicht eindeutig ausgeprägten Kindes. Anders als genetische Vorprägungen sind diese allerdings häufig reversibel. Insoweit kann das Ausmaß, in dem die Vorprägung die „offene Zukunft" des Kindes verschließt, als gemindert gelten. Aber natürlich lassen sich häufig auch irreversible genetisch eingeprägte Tendenzen durch bewusste Gegensteuerung konterkarieren. Ein auf Musikalität geprägtes Kind einer Musikerfamilie kann sich im Prinzip auch für eine ganz andere Karriere oder gegen jede Art von Karriere entscheiden. Das ethische Risiko der Einengung von Lebensmöglichkeiten durch genetische Steuerung ist allerdings insofern in der Regel gravierender als das durch anderweitige medizinische oder nicht medizinische Vorprägungen, als die genetische Ausstattung, mit der wir geboren werden, psychologisch häufig enger mit der Vorstellung der eigenen Identität verknüpft wird als andere von anderen initiierte Prägungen. Nach der (allerdings schwer belegbaren) Hypothese des „genetischen Exzeptionalismus" werden genetisch fundierte Eigenschaften in höherem Maße dem eigenen individuellen „Wesenseigenschaften" zugerechnet als nicht genetische.

Danach wären die Fremdbestimmungsrisiken einer qualitativen Merkmalswahl mittels gentechnischer Eingriffe in die Keimbahn um so weniger inakzeptabel, als sie Fähigkeiten betreffen, die die Autoren der Studie „From Chance to Choice" „all-purpose natural capacities" nennen (Buchanan et al., 2000: 168), das heißt Grundfähigkeiten, die zu vielerlei Zwecken nützlich und mit nahezu allen Lebensplänen kompatibel sind, beispielsweise ein resilientes Immunsystem, ein mittleres Intelligenzniveau und eine nicht allzu ausgeprägte Aggressionsneigung. Es dürfte allerdings nur wenige „Grundfähigkeiten" dieser Art geben. Die wünschenswerte Vielfalt der Lebensformen und Lebensstile ist nur vor dem Hintergrund einer entsprechenden Vielfalt der genetischen Anlagen zu haben, und für nahezu alle spezifischen Anlagen, die sich Eltern wünschen (etwa athletischer Körperbau, sportliche oder musikalische Begabung, Anpassungsfä-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

higkeit, Soziabilität), lassen sich Umstände vorstellen, unter denen sie sich auf das Wohl oder die Freiheit des Kindes negativ auswirken.

Auf der anderen Seite scheinen es sich diejenigen zu einfach zu machen, die jede auf Enhancement gerichtete genetische Intervention ablehnen. Die Grenze zwischen Therapie und Enhancement ist, wie wir gesehen haben, durchaus normativ relevant. Aber das macht sie nicht automatisch zu einer Grenze zwischen zulässigen und unzulässigen Eingriffen. Auch wenn man nicht so weit gehen möchte wie Jonathan Glover, wenn er provozierenderweise schreibt: „One day it may come to seem that we owe some ‚enhancements' to our children" (Glover, 2006: 76), bleiben die zu erwartenden zukünftigen Möglichkeiten einer gezielten genetischen Steuerung doch eine komplexe ethische Herausforderung, die nach differenzierten Antworten verlangt.

9.4 Literatur

Alzmann, N. (2016): Zur Beurteilung der ethischen Vertretbarkeit von Tierversuchen. Narr Francke Attempto, Tübingen.

Birnbacher, D. (2013): Doping und ärztliche Ethik. In: Sportmedizin 64: 73–76.

Birnbacher, D. (2019): Prospects of Human Germline Modification by CRISPR-Cas9 – an Ethicist's View. In: Braun, M. et al. (Hrsg.): Between Moral Harzard and Legal Uncertainty. Wiesbaden: Springer. Im Erscheinen.

Brooks, R. (2002): Menschmaschinen. Wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen. Campus, Frankfurt am Main/New York.

Buchanan, A. et al. (2000): From Chance to Choice. Genetics and Justice. Cambridge University Press, Cambridge.

Caysa, V. (2003): Körperutopien. Eine philosophische Anthropologie des Sports. Campus, Frankfurt am Main/New York.

Descartes, R. (1960): Discours de la méthode/Von der Methode. Meiner, Hamburg.

Deutscher Ethikrat (2007): Zur Frage einer Änderung des Stammzellgesetzes. Stellungnahme. Berlin.

Doudna, J./Sternberg, S. (2017): A Crack in Creation. The New Power to Control Evolution. Bodley Head, London.

European Group on Ethics in Science and New Technologies (2016): Statement on Gene Editing. In: Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik 21: 241–243.

Feinberg, J. (1980): The Child's Right to an Open Future. In: Aiken, W./Lafollette, H. (Hrsg.): Whose Child? Children´s Rights, Parental Authority, and State Power. Rowman and Littlefield, Totowa: 124–152.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Galert, T. et al. (2009): Das optimierte Gehirn. In: Gehirn und Geist 11: 40–48.
Gesang, B. (2007): Perfektionierung des Menschen. De Gruyter, Berlin/Boston.
Glover, J. (2006): Choosing Children. Genes, Disability, and Design. Oxford University Press, Oxford.

Huster, S. (2009): Die Leistungspflicht der GKV für Maßnahmen der künstlichen Befruchtung und der Krankheitsbegriff. In: Neue Juristische Wochenschrift 24: 1713–1716.

Liang, P. et al. (2015): CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes. In: Protein & Cell 6(5): 363–372.

Ma, H. et al. (2017): Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos. In: Nature 548: 413–419.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017): Human Genome Editing. Science, Ethics and Governance. The National Academies Press, Washington D. C.
Nozick, R. (2011): Anarchie Staat Utopia. Olzog, München.

Palmiter, R. D et al. (1982): Dramatic Growth of Mice that Develop From Eggs Microinjected With Metallothionein-Growth Hormone Fusion Genes. In: Nature 300: 611–615.
Pawlenka, C. (2010): Ethik, Natur und Doping. Mentis, Paderborn.
President's Council on Bioethics (2004): Beyond Therapy: Biotechnology and the Pursuit of Happiness. Dana Press, New York/Washington D. C.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Armin Grunwald und Arnold Sauter

10. Technikfolgenabschätzung zukünftiger Bio- und Gentechnologien: Visionen und Partizipation

10.1 Einführung und Überblick

Der wissenschaftlich-technische Fortschritt hat sich in den letzten Jahrzehnten in vielen Feldern beschleunigt. Bio- und Gentechnologien zeigen eine besonders dynamische Entwicklung und ermöglichen mittlerweile eine Vielzahl technischer Eingriffe in lebende Systeme und deren genetische Ausstattung. Hieraus resultieren unterschiedlichste Innovationspotenziale, vor allem im Gesundheitsbereich und als Basis einer zukünftigen Bioökonomie. Forschung und Entwicklung werden begleitet von öffentlichen, teils hochkontrovers und erbittert geführten Debatten darüber, ob und inwieweit technische Eingriffe in das Leben ethisch legitim sind, wer von ihnen profitiert oder profitieren soll, in welchem Umfang sie nicht intendierte Folgen haben können, wie es um Akzeptabilität und Zumutbarkeit dieser Folgen steht und wie Entwicklung und Nutzung technischer Eingriffe in lebende Systeme reguliert werden sollen. Die Etablierung des Vorsorgeprinzips in der europäischen Umweltgesetzgebung (Schomberg, 2005) ist ein prominentes Ergebnis derartiger Debatten.

Die Technikfolgenabschätzung (TA; vgl. 10.2) ist seit ihrem Entstehen vor etwa 50 Jahren mit Bio- und Gentechnologien befasst. Dieses Themenfeld beinhaltet einige besondere und in sich heterogene Herausforderungen:

- fundamentale gesellschaftliche Kontroversen insbesondere über gentechnisch veränderte Pflanzen und Lebensmittel in Bezug auf mögliche Risiken sowie die Marktdominanz großer Saatgut- und Agrarchemieunternehmen;
- grundsätzliche ethische, aber auch wissenschaftliche Bedenken gegenüber einer Veränderung des menschlichen Erbguts und einer Weitergabe dieser genetischen Interventionen an nachfolgende Generationen aufgrund der mittel- und langfristig unabsehbaren Beeinflussung der natürlichen Evolution;

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- vielfältige und schnelle Veränderungen wissenschaftlicher Disziplinen unter anderem als Folge enormer apparativer und methodischer Möglichkeiten, beispielsweise im komplexen Zusammenwachsen von Natur- und Ingenieurwissenschaften im Feld der synthetischen Biologie (Vriend, 2006; Giese et al., 2014);
- eine allgemein hohe ethische Sensibilität in Bezug auf Eingriffe in lebende Systeme, die – oft teils aus religiösen Gründen, teils aber auch darüber hinaus – mit Hybris-Befürchtungen verbunden ist.

In diesem Beitrag fokussieren wir auf Herausforderungen und Möglichkeiten der politik- und gesellschaftsberatenden TA zu Bio- und Gentechnologien in sehr frühen Stadien. Nach einer kurzen allgemeinen Einführung in die TA (10.2) erläutern wir den Umgang mit der wenig belastbaren Wissenslage an zwei beispielhaften Projekten zur künstlichen Fotosynthese (10.3.1) und zur synthetischen Biologie (10.3.2). Wir schließen ab mit einer Reflexion zu den Möglichkeiten der Orientierung durch TA in Feldern mit weitgehend unsicherem Folgenwissen (10.4).

10.2 Technikfolgenabschätzung als wissenschaftliche Politik- und Gesellschaftsberatung

Spätestens seit den 1960er Jahren wurden erhebliche nicht intendierte Folgen von wissenschaftlich-technischen Entwicklungen in teils dramatischen Ausprägungen unübersehbar. Unfälle in technischen Anlagen (Seveso, Bhopal, Tschernobyl, Fukushima), Folgen für die natürliche Umwelt (Artensterben, Luft- und Gewässerverschmutzung, Ozonloch, Klimawandel), soziale Nebenfolgen von Technik (z. B. Arbeitsmarktprobleme als Folge der Automatisierung), ethische Herausforderungen (z. B. für technische Eingriffe in das Genom) und absichtlicher Missbrauch von Technik (z. B. Attentat auf das World Trade Center) haben Schatten auf allzu fortschrittsoptimistische Zukunftserwartungen geworfen. Neben der weiter bestehenden Hoffnung auf bessere Technik ist ihre *Ambivalenz* (Grunwald, 2010) zu einer zentralen Gegenwartsdiagnose geworden. Vor allem die stark vergrößerte Reichweite der Technikfolgen in räumlicher und zeitlicher Hinsicht (man denke z. B. an hoch radioaktive Abfälle oder an die an zukünftiges Leben weitergegebenen Interventionen in das Erbgut heutiger Organismen) und die dadurch erfolgte immense Ausweitung des Kreises der möglicherweise Betroffenen auf die gesamte gegenwärtige und eventuell auch zukünftige Menschheit haben die Ambivalenz von Technik sowie die Sorge um mögliche Langzeitfolgen (so bereits Jonas, 1979) ins allgemeine Bewusstsein gerückt, sowohl in Deutschland und vielen anderen

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

industrialisierten Ländern als auch in der internationalen Debatte zur nachhaltigen Entwicklung.

Diese Erfahrungen von nicht intendierten und teilweise gravierenden Technikfolgen, die man gerne im Vorhinein gekannt hätte, um sie verhindern oder um Kompensationsmaßnahmen einleiten zu können, stellen eine der Grundmotivationen der TA dar. Von den 1970er Jahren an ging es sowohl um die *Frühwarnung* vor technikbedingten Gefahren (Paschen/Petermann, 1991: 26) als auch um die *Früherkennung* der Chancen von Technik, damit diese optimal genutzt und Abwägungen von Chancen und Risiken vorgenommen werden können. Ein fundamentales Argument für die Notwendigkeit vorausschauender und systematischer TA lautet, dass für die Entwicklung und den Einsatz vieler moderner Technologien – und dies gilt insbesondere für Bio-, Gen- und Medizintechnologien – das Prinzip von Versuch und Irrtum mit einer nachträglichen Kompensation nicht intendierter und unerwarteter Folgen weder politisch oder ökonomisch praktikabel noch ethisch verantwortbar ist (Jonas, 1979). Eine weitere Motivation für TA ist (folgend Grunwald, 2010), Technikkonflikte, wie sie in der Moderne in vielen Ländern auftreten (z. B. zur Kernenergie, zur grünen Gentechnik, zur Präimplantationsdiagnostik oder zur Stammzellforschung), frühzeitig zu erkennen und durch die Einbeziehung von Betroffenen und Stakeholdern dialogische Lösungen zu ermöglichen, statt in fundamentalistische Blockaden hinein zu laufen.

Das generelle Anliegen der TA ist, durch die antizipierende Erforschung möglicher Technik- und Entscheidungsfolgen und ihre Reflexion in ethischer, ökologischer und gesellschaftlicher Hinsicht zu einer informierten demokratischen Debatte über den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und dadurch zu reflektierten Entscheidungen beizutragen. Dies ist offenkundig nur durch einen breiten interdisziplinären, teils auch transdisziplinären Ansatz zu leisten. Daher lässt sich die TA keinem der klassischen Wissenschaftsfelder zuordnen, sondern vereinigt in sich Kompetenzen aus Geistes- und Sozial-, aber auch Natur- und Technikwissenschaften. Drei wesentliche Ausrichtungen der TA haben sich herausgebildet, die sich durch ihre Adressaten und Adressatinnen, den Typ der jeweils im Mittelpunkt stehenden Herausforderungen und die zu ihrer Bewältigung verwendeten Methoden und Verfahren unterscheiden (folgend Grunwald, 2015):

Wissenschaftliche Politikberatung: Politische Entscheidungen wie Standardsetzungen, Regulierungen, Deregulierungen, Steuergesetze, Verordnungen, Forschungs- und Technologieförderung, internationale Konventionen oder Handelsabkommen beeinflussen auf verschiedene Weise den Gang der Technikentwicklung und -diffusion. Staatliche Institutionen und politische Akteure und Akteurinnen üben somit in unterschiedlichen Weisen Einfluss auf die technische Entwicklung aus. Politikberatende TA erstreckt sich auf öffentlich relevante und politisch zu entscheidende Technikaspekte wie zum Bei-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

spiel Sicherheits- und Umweltstandards, den Schutz der Bürger/-innen im Hinblick auf die Gewährleistung von Menschen- und Bürgerrechten, die Prioritätensetzung in der Forschungspolitik, die Gestaltung von Rahmenbedingungen für Innovation etc. Damit geht es um die *Rahmenbedingungen*, unter denen Forschung und Entwicklung stattfindet und unter denen in der Wirtschaft Technik entwickelt und als Produkt- oder Systeminnovation auf den Markt gebracht wird. Parlamentarische TA als wohl am stärksten profilierte politikberatende TA (Vig/Paschen, 1999; Petermann/Grunwald, 2005; Grunwald et al., 2012; PACITA, 2012) ist mit der Beratung von Parlamenten, Ausschüssen sowie Parlamentariern und Parlamentarierinnen in einem überwiegend nationalstaatlich strukturierten politischen Raum befasst. In Deutschland wurde das *Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag* (TAB) 1990 eingerichtet und hat seitdem auch zahlreiche Studien zu Bio- und Gentechnologien erarbeitet (Sauter, 2005).

Öffentlicher Dialog: Schon früh in der Entwicklung der TA wurde die Forderung nach Partizipation erhoben. Technikbewertung sollte weder den wissenschaftlichen Experten und Expertinnen (Expertokratie) noch den politischen Entscheidern (Dezisionismus) allein überlassen werden, sondern Angelegenheit der gesamten Bürgerschaft sein (Habermas, 1968). Gesellschaftliche Gruppen, Interessenvertreter/-innen, betroffene Bürger/-innen oder auch ganz allgemein „die Öffentlichkeit" wären demnach in den Beratungs- und Bewertungsprozess einzubeziehen. Eine dezidiert partizipative TA (Joss/Belucci, 2002) beteiligt systematisch Personen und Gruppen außerhalb von Wissenschaft und Politik an Beratungen über zukünftige Technik einschließlich der Identifikation von Themen zur öffentlichen Förderung von Forschung und Entwicklung. Diese Bemühungen wurden in den letzten ca. zehn Jahren immer stärker auch auf frühe Phasen der Forschung und Entwicklung ausgerichtet (z. B. Grunwald, 2012; vgl. 10.3 in diesem Beitrag). Ein aktuelles Beispiel ist das EU-geförderte SYNERGENE-Projekt, das vor allem Bürger- und Stakeholder-Kommunikation im Kontext der synthetischen Biologie organisiert hat.[1]

Mitgestaltung der Technik: TA kann aber auch direkt an realer Technikentwicklung in der Industrie ansetzen. Bereits die Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure zur Technikbewertung (VDI, 1991) hat eine Handreichung für Ingenieure vorgelegt, um über die üblichen techno-ökonomischen Kriterien hinaus systematisch gesellschaftlich anerkannte Belange beziehungsweise Werte wie Sicherheit, Gesundheit und Umweltqualität im Innovationsprozess zu berücksichtigen. Dadurch soll die Technikentwicklung in eine ethisch und gesellschaftlich gewünschte Richtung beeinflusst werden, wie dies auch das Ziel des Constructive Technology Assessment ist (Rip et al., 1995). Diese Zielstellung

1 Siehe unter: https://www.synenergene.eu [13.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

bildet ebenfalls den Mittelpunkt der Bemühungen um eine integrative Gestaltung von Forschung und Entwicklung im Sinne (bzw. unter dem Label) des forschungspolitischen Konzepts von Responsible Research and Innovation. Hier geht es darum, den Prozess von Forschung und Technikentwicklung durch ethische Reflexion, Folgenbetrachtungen und Einbeziehung von Stakeholdern und Betroffenen möglichst transparent, reflexiv und verantwortlich zu gestalten (vgl. Owen et al., 2013; Grunwald, 2016a).

In allen diesen Ausrichtungen versteht sich die TA als systematisches, inter- und transdisziplinäres Vorgehen zur wissensbasierten Suche nach gesellschaftlich tragfähigen Problemlösungen und als wissenschaftlich unabhängige Beratung von Politik und Gesellschaft. Sie verfolgt keine normative Mission, sondern orientiert sich strikt an Grundprinzipien argumentativer Transparenz im Rahmen des demokratischen Gemeinwesens. Dies drückt sich insbesondere darin aus, dass die TA verbreiteten technokratischen Optimierungs- oder Sachzwangargumentationen ein *Denken in Alternativen* gegenüberstellt, verbunden mit dem Ziel, demokratische Debatten und politische Entscheidungsfindung mit besserer Information und transparenterer normativer Orientierung zu bereichern: Alternativen statt Alternativlosigkeit (Dobroc et al., 2018; Grunwald, 2018). Dies ist übliche Praxis zum Beispiel im Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (Petermann, 2005). Damit unterscheidet sie sich deutlich vom traditionellen und oft von den Akademien der Wissenschaft verwendeten Ansatz wissenschaftlicher Politikberatung, bei dem Empfehlungen gegeben werden, diesen oder jenen Weg einzuschlagen, weil er nach wissenschaftlichen Optimierungsüberlegungen der Weg der Wahl zu sein scheint. Diesem Ansatz des ‚science knows best', in dem politisches Handeln zur bloßen Ausführung wissenschaftlicher Empfehlungen degenerieren würde (Habermas, 1968), setzt die TA die Beobachtung entgegen, dass Gestaltung von Zukunft kein wissenschaftliches Optimierungsproblem ist, sondern gesellschaftlicher Aushandlung bedarf. Denn sowohl der technische Fortschritt selbst als auch die Überführung seiner Ergebnisse in Innovation und deren Nutzung durch die Verbraucher hängen grundsätzlich von Werturteilen und politischen Positionen, von Lebensstilen und Präferenzen ab. Die TA als wissensbasierte und prospektive Forschung für die Zwecke der Politikberatung kann daher lediglich wissenschaftlich gut abgesicherte, ethisch reflektierte und über einen transparenten Prozess nachvollziehbare Optionen entwickeln und als Alternativen zur Diskussion stellen. Auf diese spezifische Weise hat sie sich als relevanter Faktor in der Governance biotechnologischer Entwicklungen herausgebildet.

Bio- und Gentechnologien stehen seit Jahrzehnten im Fokus öffentlicher und politischer Aufmerksamkeit. Ein erster Kulminationspunkt war die legendäre, gleichwohl umstrittene Konferenz von Asilomar (1975). Entsprechend ist die TA in den letzten Jahrzehnten vielfach mit Herausforderungen aus diesen Feldern konfrontiert worden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Das TAB am Deutschen Bundestag wurde von Beginn an immer wieder mit Themen aus Bio- und Gentechnik beauftragt (Sauter, 2005). Dabei standen einerseits Sicherheits- und Regulierungsfragen im Vordergrund, andererseits aber auch die Innovationspotenziale in unterschiedlichen Anwendungsfeldern. In diesen Projekten war die zentrale Herausforderung, inmitten einer stark polarisierten öffentlichen Debatte substanzielle Erkenntnisse zu generieren und Optionen zu entwickeln, die auf möglichst vielen Seiten Anerkennung finden (Sauter, 2005). In der partizipativen TA war das Projekt zu herbizidresistenten Pflanzen (van den Daele/Döbert, 1995) ein Meilenstein. Seit einigen Jahren werden Themen der Bio- und Gentechnik auf der europäischen und internationalen Ebene häufig im Rahmen des Konzepts Responsible Research and Innovation (RRI) behandelt, das sich aus der TA entwickelt hat (Grunwald, 2014a; siehe oben).

Die Folgenbetrachtung genauso wie zugehörige gesellschaftliche Diskurse erstrecken sich auf sehr unterschiedliche Wirkungs- und Wertebenen zukünftiger Bio- und Gentechnologien. Die drei wichtigsten sind (1) mögliche Umwelt- und Gesundheitsrisiken, vor allem im Hinblick auf Regulierung beziehungsweise Zulassungsverfahren, (2) sozioökonomische Effekte in Bezug auf Innovations- und Wertschöpfungspotenziale, Verteilungsgerechtigkeit und Machtverteilung sowie (3) fundamentale Einwände beziehungsweise Befürchtungen säkular-philosophischer, gegebenenfalls auch religiöser Art (zum Selbstverständnis des Menschen und seinem Verhalten gegenüber der Natur, theologisch gesprochen: gegenüber der Schöpfung, und der Legitimität von Eingriffen in diese).

10.3 TA in Frühstadien möglicher zukünftiger Bio- und Gentechnologien

Viele seit einiger Zeit im Fokus der Aufmerksamkeit von Forschungsförderung, Politik und Wissenschaft stehende Aktivitäten in Richtung auf eine biobasierte Wirtschaft sind motiviert durch das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Die Umstellung industrieller Prozesse und Stoffströme hinsichtlich Energiegewinnung und Materialeinsatz soll sowohl die Schonung nicht erneuerbarer Ressourcen als auch eine Verminderung von Emissionen leisten. Ihre Realisierung bedarf erheblicher Fortschritte in vielen wissenschaftlichen und technischen Feldern, besonders im Bereich der Bio- und Gentechnologie. Die TA kann hierzu vielfältige Erfahrungen sowohl bei der Analyse von Innovationspotenzialen und -folgen als auch hinsichtlich der Beteiligung von Bürgern und Bürgerinnen und Stakeholdern vorweisen und damit einen Beitrag zu einer reflektierten und transparenten Gestaltung von Forschungs- und Innovationsprozessen leisten.

Wie TA-Aktivitäten ausgestaltet werden, hängt von vielen Faktoren ab. Eine wichtige Randbedingung ist der Reifegrad der betrachteten Technologien. Während es in

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

mittleren und späteren Phasen der Technikentwicklung gute epistemologische Voraussetzungen für eine prospektive Folgenabschätzung gibt, stellen sich in frühen Stadien einer vermutlich vielversprechenden wissenschaftlich-technischen Entwicklung andere Herausforderungen und Hindernisse, gleichzeitig ergeben sich aber auch Chancen. Das sogenannte Collingridge-Dilemma (Collingridge, 1980) verweist auf das grundsätzliche Problem, dass in sehr frühen Stadien einer Entwicklung in der Regel noch nicht gehaltvoll über gesellschaftliche Gestaltungsoptionen diskutiert werden kann. Im Falle eines vorgesehenen Einsatzes von Gentechnik können allerdings aufgrund der bisherigen Erfahrungen von vorneherein mit großer Wahrscheinlichkeit gesellschaftliche Kontroversen erwartet werden, weshalb eine frühzeitige und transparente Einbindung der Öffentlichkeit auf jeden Fall sinnvoll erscheint.

TA-Aktivitäten zu frühen Zeitpunkten im Forschungs- und Entwicklungsprozess sollen beziehungsweise können dazu dienen, politische, aber auch privatwirtschaftliche Entscheidungen über Forschungsinvestitionen zu unterstützen, beispielsweise zur Entwicklung neuer Verfahren zur Energieerzeugung oder von fundamental neuen medizinischen Verfahren wie Gentherapie oder Präimplantationsdiagnostik. Weil aber weder die erhofften Potenziale noch mögliche Risiken konkret beschrieben oder gar quantifiziert werden können, fällt es in diesen frühen Stadien schwer, mit der breiteren Öffentlichkeit in einen konkreten inhaltlichen, fruchtbaren Dialog zu treten. Durch die aus diesen Gründen auch oft geringe Beteiligungsbereitschaft kann wenig positives Feedback erzeugt werden, gleichzeitig regt sich meist auch noch keine hörbare Kritik. Lediglich allgemeine Risikobedenken können zu diesem Zeitpunkt entweder aus vergleichbaren Technologien beziehungsweise aus mit diesen geteilten allgemeinen Merkmalen übertragen werden (z. B. aus der Eigenschaft „gentechnisch verändert", wie im folgenden Beispiel der künstlichen Fotosynthese) oder knüpfen an grundsätzliche und fundamentale Technikbedenken an („Playing God", Störung der Schöpfung, Unnatürlichkeit im Fall der synthetischen Biologie; vgl. Kap. 10.3.2). Obwohl beide Beispiele gemeinsam haben, dass sie sich auf Entwicklungen in einem frühen bis sehr frühen Stadium beziehen, unterscheiden sie sich in Bezug auf die begleitende Debatte deutlich: Während es zur synthetischen Biologie seit ca. zehn Jahren eine lebendige internationale Ethik- und Technikfolgendebatte gibt, steht die künstliche Fotosynthese bislang im Schatten der Aufmerksamkeit.

10.3.1 Fallbeispiel künstliche Fotosynthese

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech hat sich mehrfach mit der Ausgestaltung von Folgenforschung und öffentlichen Debatten zu Technologien in frü-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

hen Stadien geäußert (acatech, 2012a), so auch zu Bio- und Gentechnologien (acatech, 2012b). Dabei wurde empfohlen, „die Positionen und Bewertungen der einzelnen Stakeholder, also auch jener außerhalb der Wissenschaft, in allen Kommunikationsprozessen mit Respekt zu betrachten, unvoreingenommen zu reflektieren und ernst zu nehmen" (acatech, 2012a). Frühzeitig soll die Öffentlichkeit in einen Dialog zu neuen Technologien eingebunden werden, wobei Expertenwissen und Laienwahrnehmung als einander ergänzend, nicht als gegensätzlich gesehen werden: „Erwartungen, Wünsche, Hoffnungen, Befürchtungen und Kritik der Laien sind aufzunehmen und bei der Gestaltung der Innovationsprozesse zu berücksichtigen. Gleichzeitig sind Expertisen aus Wissenschaft und Wirtschaft für eine wissenschaftlich fundierte Debatte unersetzlich, um absurde oder nicht haltbare Erwartungen oder Befürchtungen zu widerlegen oder zu entkräften" (acatech, 2012a). Oft setzt intensive Reflexion jedoch erst ein, wenn bereits kommunikative oder konfrontative Fakten geschaffen wurden. Frühzeitige Kommunikation über Technikzukünfte (acatech, 2012b) wurde als Ansatz betrachtet, schon vor dem Entstehen möglicher Technikkonflikte, also bevor „das Kind in den Brunnen gefallen ist", eine beteiligungsorientierte und offene Debatte zu initiieren. Die häufige Sorge in Wissenschaft und Wirtschaft, hier könnten „schlafende Hunde geweckt werden", wenn zum Beispiel über mögliche Risiken frühzeitig diskutiert wird, ist unbegründet, da offene und frühzeitige Risikokommunikation zum Aufbau von Vertrauen beiträgt und fundamentalistische Verhärtungen zu vermeiden hilft.

Technikzukünfte sind Vorstellungen zukünftiger gesellschaftlicher Wirklichkeiten, die mit dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt verbunden werden (können) (Grunwald, 2012). Der Plural verweist auf die zahlreichen sowie unterschiedlichen Bilder und Vorstellungen über Zukunft. Technikzukünfte haben Technik ebenso im Blick wie den gesellschaftlichen Kontext. Technikzukünfte können in unterschiedlichen Formen, etwa als Vorhersagen, Szenarien oder Visionen, zum Ausdruck gebracht werden. „Teils werden sie von Wissenschaftlern entworfen, etwa als modellbasierte Szenarien, teils handelt es sich um künstlerische Entwürfe, wie literarische oder filmische Produkte der Science-Fiction, teils sind es Erwartungen oder Befürchtungen, die über Massenmedien Teil der öffentlichen Kommunikation werden. [...] Sie können aber auch partizipativ erstellt werden; sie sind für Überraschungen offen, explorativ und können auch langfristige Entwicklungen zum Gegenstand haben" (acatech, 2016).

Unter künstlicher Fotosynthese wird eine Sammlung unterschiedlicher visionärer Technologien verstanden. Zum einen soll mit ihnen nach dem Vorbild der Pflanzen Sonnenlicht genutzt werden, um aus Wasser und CO_2 energiereiche Kohlenwasserstoffe herzustellen (acatech, 2016). Diese könnten dann direkt als Energieträger oder als Chemierohstoffe genutzt werden. Dadurch wird der Umweg über die Produktion natür-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

licher Biomasse vermieden, die nach Anbau und Ernte mit eher niedrigen Konversionsraten zunächst umgewandelt und letztlich zum Großteil verbrannt oder unspezifisch vergoren wird. Zum anderen bietet die künstliche Fotosynthese die Option, mithilfe von Fotovoltaik[2] Elektrizität zu erzeugen und anschließend durch Elektrolyse von Wasser Wasserstoff als Energiespeicher zu produzieren. Zu beiden Ansätzen, in denen teils gentechnische Modifikationen vorgenommen werden sollen, lassen sich gerade angesichts der Herausforderungen der Energiewende positive Technikzukünfte entwickeln.

Allerdings sind die technischen Realisierungsmöglichkeiten der künstlichen Fotosynthese entsprechend dem sehr frühen Stadium allenfalls in Ansätzen erkennbar, zur ökonomischen Sinnhaftigkeit lässt sich noch rein gar nichts sagen. Kontroversen beziehungsweise verfestigte Meinungsbilder sind noch kaum vorhanden. Um über das Thema sprechen und im Rahmen einer vorausschauenden und partizipativen Technikfolgenreflexion aus der Gesellschaft heraus Ideen und kritische Fragen aufnehmen zu können, muss zunächst überhaupt Interesse bei Bürgerinnen und Bürgern geweckt werden. Den Beteiligten am Projekt der acatech (2013–2015; vgl. acatech, 2016) war daher von Anfang an klar, dass es unterschiedlicher Formate bedürfen würde, um die künstliche Fotosynthese für Laien interessant und verständlich zu machen. Dazu wurden als Diskussionsgrundlage für Dialogveranstaltungen Technikzukünfte entworfen, in denen Geschichten über mögliche gesellschaftliche Entwicklungen durch die Nutzung von Techniken der künstlichen Fotosynthese erzählt werden. Diese drehten sich um Mikroalgen und Wasserlinsen, die als grüne Zellfabriken oder „Super-Pflanzen" energiereiche Stoffe produzieren, um Nanokügelchen und elektrokatalytische Prozesse, die aus Wasser und CO_2 aus Industrieabgasen energiereiches Methangas herstellen, und um neuartige Solarzellen, die als Baumaterialien aus Gebäudefassaden ein Kraftwerk zur Stromproduktion bilden (acatech, 2016). Auf Dialogveranstaltungen unterschiedlichen Formats (Seminare, Science Cafés, Comic-Workshops) hat acatech diese Technikzukünfte verschiedenen Teilöffentlichkeiten (Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, interessierten Laien, Studierenden sowie Schülerinnen und Schülern) vorgestellt und mit ihnen diskutiert. Kritische Fragen betrafen typische Dimensionen der Technikfolgenabschätzung, wie eine mögliche Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen, den Wirkungsgrad und die Wirtschaftlichkeit der Technologie, aber auch den Wasser- und Energieverbrauch sowie den Einsatz von Dünger. Positiv kam vor allem die Nutzung von Industrieabgasen an. CO_2 als Ausgangsstoff aus Kraftwerks- und Industrieabgasen oder Biogasprozessen steht in großen Mengen zur Verfügung und

2 Zweig der Energietechnik, der sich mit der Gewinnung von elektrischer Energie besonders aus Sonnenenergie befasst.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

kann in Zeiten, in denen nicht ausreichend Sonnen- oder Windenergie vorhanden ist, auch in größeren Mengen solange gespeichert werden, bis wieder ausreichend erneuerbar gewonnener Strom bereit steht (acatech, 2016). Zur positiven Wahrnehmung hat hier insbesondere beigetragen, dass auf diese Weise auch Treibhausgasemissionen vermieden werden. Auch wurden originelle Anwendungsideen generiert, zum Beispiel zur organischen Fotovoltaik: Mittels aufdruckbarer dünner Schichten könnten Getränkeflaschen an einem heißen Sommertag mit „Lichtenergie" gekühlt werden.

Dieses acatech-Projekt gibt Hinweise auf die Gestaltung von Formaten öffentlicher Kommunikation zu neuen Bio- und Gentechnologien in sehr frühen Stadien der Entwicklung. Zunächst muss das Interesse von Teilnehmerinnen und Teilnehmern geweckt werden beziehungsweise müssen Teilnehmer/-innen gefunden werden, die bereit sind, sich mit einem weit von der Anwendung befindlichen Themenfeld visionär zu befassen. Im konkreten Fall war dies nicht leicht. Die Teilnehmerzahlen bewegten sich am unteren Rand der Erwartungen, die Teilnehmer/-innen waren jedoch sehr interessiert und motiviert, was zu lebendigen Diskussionen geführt hat. Auch die Wahl ungewöhnlicher Formate wie zum Beispiel Comic-Workshops, Science Cafés oder gezielte Veranstaltungen für Studierende mit einem geringen Vortrags- und hohem Dialoganteil haben dazu beigetragen, Interesse zu wecken. Die journalistisch aufbereiteten Geschichten über mögliche Technikzukünfte machten sie für Laien anschaulich, eröffneten den Teilnehmer/-innen einen Zugang zur künstlichen Fotosynthese und dienten als Ausgangspunkt für die Diskussionen (acatech, 2016). Die Aussicht, in diesen Veranstaltungen Teilnehmer/-in einer erst beginnenden Technikdebatte zu werden und ihr Entstehen mit zu prägen, hat auf die Teilnahmebereitschaft motivierend gewirkt. Die erzählten und diskutierten Technikzukünfte haben die Gentechnik in den Kontext der zukünftigen Energieversorgung gestellt. Welchen Einfluss dieser Kontextwechsel (in der grünen Gentechnikdebatte dominierte die landwirtschaftliche und auf Nahrungsmittel bezogene Nutzung) auf die technikoffene Grundhaltung der Teilnehmer/-innen hatte, lässt sich allerdings nur vermuten. Vorbehalte der Gentechnik gegenüber wurden von einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmern immer wieder geäußert, spielten aber im Kontext industrieller Produktion und der Energieerzeugung keine dominierende Rolle.

Mit diesem Projekt wurde gezeigt, dass beteiligungsorientierte Reflexion von Entwicklungen auch in sehr frühem Stadium durchaus möglich ist, selbst wenn noch keine öffentliche Debatte stattfindet. Für mögliche zukünftige TA zur künstlichen Fotosynthese wurde auf diese Weise ein konstruktiver Anfang gesetzt. Typische Themen der TA wurden angesprochen, freilich unter den Bedingungen sehr geringen Wissens. Auf diese Weise kann das Projekt als Vorbereitung auf mögliche TA-Projekte zu späteren Zeitpunkten im Entwicklungsprozess angesehen werden. Allerdings ist klar zu sagen,

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

dass die Erfahrungsbasis dieses Projekts nicht reicht, um weitreichende methodologische Ratschläge für weitere Anwendungsfelder zu geben. Vielmehr bedarf es weiterer experimenteller Ansätze.

10.3.2 Fallbeispiel synthetische Biologie

Das zweite Beispiel behandelt ein TA-Projekt, das das TAB im Auftrag des Deutschen Bundestages durchgeführt und mit einem umfangreichen Bericht 2015 abgeschlossen hat (Sauter et al.). Die synthetische Biologie repräsentiert im Vergleich zur künstlichen Fotosynthese einen deutlich umfassenderen Forschungs-und-Entwicklungs-Bereich, der darauf abzielt, durch die gemeinsame Unternehmung unterschiedlichster Fachrichtungen (Biologie, Chemie, Physik, Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Biotechnologie und Informationstechnik), „biologische Systeme mit neuen, definierten Eigenschaften zu konzipieren“ (DFG et al., 2009). Charakteristisch ist der grundsätzlich programmatische, stark zukunftsbezogene beziehungsweise visionäre Anspruch des Begriffs (mit dem Ziel der Erschaffung mehr oder weniger komplett künstlicher Organismen) bei gleichzeitig häufig eher pragmatisch wirkender Anwendung auf bereits seit Längerem verfolgte Forschungsansätze (z. B. als Beleg für besondere Neuartigkeit im Rahmen der Beantragung von Fördergeldern; vgl. hierzu und zum Folgenden: Sauter et al., 2015: 29 f., 35 ff.).

Der Begriff „synthetische Biologie“ verbreitete sich ab ca. 2005 in der US-amerikanischen und europäischen Forschungsförderung. Die erste größere interdisziplinäre Stellungnahme in Deutschland wurde 2009 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) und der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina vorgelegt (DFG et al., 2009). Sowohl der Deutsche Ethikrat als auch das damalige „Spiegelgremium“ im Parlament, der Ethikbeirat des Deutschen Bundestages, sondierten das Thema und kamen zu dem Schluss, dass keine vorrangige Befassung nötig sei, weil keine grundsätzlich neuen Fragen in der Biotechnologie aufgeworfen würden. Im Sinne eines Monitorings sollte die weitere Entwicklung beobachtet werden, darunter sicherheitsrelevante Forschungsaktivitäten durch die Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS). Diese legte 2012 einen ersten kurzen Bericht vor, in dem kein akuter Handlungsbedarf beschrieben wurde (ZKBS, 2012).

Dennoch wurde das TAB 2011 mit einem TA-Projekt zur synthetischen Biologie beauftragt; parallel dazu lief eine Vielzahl weiterer TA-Untersuchungen, gefördert unter anderem durch das BMBF, die EU-Kommission sowie die Parlamente anderer europäischer Länder (Sauter, 2011: 20 f.). Diese befassten sich teilweise explizit mit spekula-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

tiven Visionen beziehungsweise Szenarien zukünftiger Anwendungen und Folgen der synthetischen Biologie oder analysierten und diskutierten im Detail die begrifflichen und wissenschaftstheoretischen Dimensionen des neuen Forschungsfeldes – beides Herangehensweisen, die für eine politikberatende TA mit dem Adressaten Bundestag nicht geeignet erschienen, nachdem es für das TAB immer auch darum geht, konkrete Handlungsoptionen entwickeln zu können (Sauter et al., 2015: 33). Um Letzteres trotz der frühen Phase der Technologieentwicklung und den damit verbundenen typischen Problemen einer hochgradig unsicheren Wissenslage leisten zu können, wurde (mit großem Aufwand) drei Kernfragen nachgegangen:

1. Können die eher visionären, spekulativen Forschungsziele und -anwendungen, die unter dem Begriff der synthetischen Biologie diskutiert werden, in praktikabler, aussagekräftiger Art und Weise von denjenigen unterschieden werden, die in absehbarer Zeit konkrete Bedeutung erlangen können?
2. Gibt es gesellschaftlich und damit politisch relevante Entwicklungen, beispielsweise bezüglich der involvierten Akteure und Akteurinnen, dem Umgang mit Wissen und geistigen Eigentumsrechten, die schon heute mit dem Forschungsfeld verbunden sind?
3. Ergeben sich möglicherweise im Bereich der Sicherheitsforschung Fragestellungen, die bereits jetzt prospektiv angegangen werden sollten, um zukünftige Anwendungen überhaupt zu ermöglichen? Und was lässt sich dazu aus den bisherigen Erfahrungen mit der Gentechnologie lernen?

Dem frühen Stadium des Forschungsfeldes war es auch geschuldet, dass nur in geringem Umfang auf einen etablierten, aufgearbeiteten Wissensstand zurückgegriffen werden konnte. Daher musste bereits die Informationsbeschaffung in für das TAB ungewöhnlicher Weise partizipativ gestaltet und über Kurzgutachten und Workshops intensiver als üblich Personen eingebunden werden, die sowohl Fachexpertise als auch klare Positionen und Eigeninteressen mitbrachten, unter anderem aus der Do-it-yourself-Biotechnologie-Szene (DIY) sowie der gentechnikkritischen Zivilgesellschaft (Sauter et al., 2015: 30 ff.). Gegenüber anderen interdisziplinären Stellungnahmen und Berichten (z. B. aus den oben genannten weiteren TA-Projekten) zeichnete sich der resultierende Bericht an den Bundestag durch drei Besonderheiten aus (Sauter et al., 2015):

- Es wurde eine Unterscheidung von Synbio im engeren Sinne (i.e.S.) und Synbio im weiteren Sinne (i.w.S.) eingeführt, um eine Relevanzdifferenzierung für die Forschungspolitik, aber auch für die weitere gesellschaftliche Debatte zu erreichen. Die

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Synbio i.e.S. forscht dementsprechend an von Grund auf „designten" künstlichen biologischen Systemen – die Realisierung dieser Vision ist jedoch weitgehend ungewiss. Synbio i.w.S. bezeichnet demgegenüber die nächste Stufe der Bio- beziehungsweise Gentechnologie, deren Produkte zwar noch nicht praxisreif sind, deren mögliche Folgen aber bereits heute deutlich konkreter absehbar und diskutierbar sind.

- Auch in Reaktion auf das explizite Interesse des Auftraggebers Bundestag wurde das Phänomen der DIY-Biotechnologie umfassend untersucht und dargestellt. Die DIY-Biologinnen und -Biologen oder „Biohacker/-innen" bilden eine neuartige Akteursgruppe innerhalb der Zivilgesellschaft, die definitionsgemäß nicht zum etablierten Forschungs- und Innovationssystem gehört und dieses als unzugänglich, teils verkrustet, vor allem aber mit Blick auf den Umgang mit geistigem Eigentum kritisiert. Dies geschieht aber nicht in einer gentechnikablehnenden Perspektive, sondern weil die Nutzung gentechnischer Möglichkeiten demokratisiert werden soll. Die DIY-Biotechnologie repräsentiert eine neue Form der Citizen Science oder Bürgerwissenschaft (Finke, 2014) und eine neuartige Position in der Gentechnikdebatte.[3]
- Hinsichtlich der prospektiven Biosicherheitsforschung zur synthetischen Biologie als Basis zukünftiger Risikoabschätzung und -regulierung und damit Voraussetzung einer Zulassung und Nutzung möglicher Produkte wurde herausgearbeitet, auf welche Weise gesellschaftliche Akteure und Akteurinnen bei der Entwicklung entsprechender Programme eingebunden werden könnten beziehungsweise sollten. Dies erscheint nötig, um von vorneherein einem „Lagerdenken" entgegenzuwirken, das in der Vergangenheit die Debatte über die Risiken gentechnisch veränderter Organismen enorm geprägt und eine weitergehende gesellschaftliche Verständigung verhindert hat.

Sowohl beim Auftraggeber als auch bei vielen an der Gentechnikdebatte beteiligten gesellschaftlichen Meinungsträgern rief der TAB-Bericht und darin insbesondere das Thema DIY-Biologie großes Interesse hervor. Gemeinsam mit dem Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung veranstaltete das TAB daraufhin im September 2016 ein öffentliches Fachgespräch unter der Überschrift „Synthetische Biologie, Genome Editing, Biohacking – Herausforderungen der neuen Gentechnologie", bei dem in einer Problemlösungsperspektive intensiv sowohl die möglichen innovativen Forschungsbeiträge der DIY-Biologie am Beispiel der Antibiotikaforschung als auch

3 Siehe zum Thema DIY auch den Beitrag von Karberg (Spotlight 3).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

der Umgang mit ihren potenziellen Gefahren ohne Ressentiments oder Übertreibungen diskutiert wurden.

Dass es dabei gelang, Akteure und Akteurinnen aus Politik, Wissenschaft, Fachbehörden und Zivilgesellschaft so zusammenzubringen, dass nicht die Kontroverse im Vordergrund stand, sondern die Suche nach Gemeinsamkeiten ein wichtiger Teil der Diskussion war (hib, 2016), lag sicher ebenfalls an dem frühen Stadium des Forschungsfeldes, in dem die Pro- und Kontrapositionen noch nicht so verfestigt sind. Von allen Beteiligten, insbesondere aber seitens der teilnehmenden Bundestagsabgeordneten, wurde der herausragende Stellenwert größtmöglicher Transparenz bezüglich der Aktivitäten und Motive aller mit gentechnischen Arbeiten befassten Forschenden in öffentlichen und privaten Institutionen wie auch der DIY-Biologen und -Biologinnen betont. Sowohl der TAB-Bericht als auch das Fachgespräch hätten dazu einen wichtigen Beitrag geleistet.

10.4 Orientierung durch TA in frühen Entwicklungsstadien

Die beiden Fallbeispiele haben gemeinsam, dass das Wissen über mögliche Folgen ausgesprochen unsicher ist und dementsprechend konkrete Verantwortungsfragen schwer zu beantworten sind. Insbesondere dann, wenn die Spekulativität der Technikzukünfte sehr groß und das Wissen sehr klein ist, erscheint es aussichtslos, in einem konsequentialistischen Sinn über Verantwortungszuschreibung zu sprechen (Grunwald, 2014a). Aber man kann sich trotz großer Unsicherheiten mit der Frage befassen, wie heutige Forschung und die heutige Debatte gestaltet werden könnten beziehungsweise sollten, um die möglichen positiven Technikzukünfte neuer Bio- und Gentechnologien zu unterstützen und den möglichen negativen Entwicklungen entgegenzusteuern (oder sie durch neue Ideen ebenfalls in positive Zukünfte umzuformen). Damit eröffnen sich zwei Typen von Handlungsoptionen: (1) die Gestaltung des gegenwärtigen Forschungsprozesses und (2) die Gestaltung der gegenwärtigen Debatte – beides bezieht sich, wohlgemerkt, auf die heutige Situation, nicht auf die Zukunft einer Gesellschaft, in der neue Bio- oder Gentechnologien mit ihren Produkten Fuß gefasst haben könnten. Die fernen Technikzukünfte selbst sind also nur jeweils Katalysatoren der Diskussion, nicht aber Gegenstand konkreter Folgenabschätzung oder bereits konkreter Verantwortungszuschreibung oder Optionenbewertung:

(Ad 1) Die weitgehende Unmöglichkeit prospektiver Folgenforschung in frühen Stadien der Entwicklung ernst nehmend, kann eine aussichtsreiche Gestaltung auf den gegenwärtigen Forschungsprozess in Bio- und Gentechnologie fokussieren. Dieser findet faktisch statt und bedarf keiner prospektiven Analyse, sondern kann zum Beispiel

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

mit den Risikobedenken einer notwendigen wie auch hinreichenden Biosafety (die Sicherheits- und Qualitätsstandards von Forschung betreffend zum Schutz vor einer unbeabsichtigten Gefährdung, z. B. durch Freisetzung) und Biosecurity (den Schutz vor einem möglichen Missbrauch von Forschung betreffend, z. B. mit terroristischer Absicht) konfrontiert werden. Oder es können die zukünftigen Möglichkeiten, Grenzen und Gefahren der DIY-Biotechnologie mit Blick auf eine mögliche Förderung und Unterstützung heute thematisiert werden. Verantwortungsgegenstand ist somit der heutige Forschungsprozess in seinen, handlungstheoretisch gesprochen, Zielen, Mitteln und Folgen.

Die Entwicklung der Gentechnologie ist begleitet und geprägt von einer (wissenschaftlichen und regulativen) Debatte über Fragen prozessimmanenter vs. produktbasierter Risiken. Prozessimmanente Risiken können in gewissem Umfang prospektiv und – im Unterschied zu produktbasierten Risiken – ohne die Verfügbarkeit konkreter Produkte betrachtet und analysiert werden. Zumindest kann versucht werden zu antizipieren, welche neuartigen Risiken beziehungsweise Unsicherheiten auftreten können und wie mit diesen umgegangen werden kann und soll. Bei der synthetischen Biologie wird seit längerer Zeit darauf hingewiesen, dass das bisherige Verfahren der Risikobewertung, das auf einer Fall-für-Fall-Prüfung und auf einem Vergleich mit weitgehend ähnlichen (substanziell äquivalenten), seit Langem genutzten (und vertrauten) Organismen basiert, durch mehrere wissenschaftlich-technologische Entwicklungen infrage gestellt wird (Sauter et al., 2015: 22). Die zentrale (Forschungs-)Frage, in welchem Umfang und mit welchen Methoden substanziell veränderte oder weitgehend „neu konstruierte", vermehrungs- und ausbreitungsfähige Organismen charakterisiert werden können und müssen, um eine gesellschaftlich akzeptable Entscheidungsfindung über die Nutzung dieser Organismen herbeiführen zu können, könnte und sollte bereits jetzt angegangen werden.

Ein analoges Vorgehen ist für die Anwendungsszenarien nicht der Fall, weil die möglichen Produkte der synthetischen Biologie (u. a. Medikamente, Energieträger, Aromen, Lebensmittelzusatzstoffe) nicht kategorial anders als bisherige Produkte sind – genauso war und ist es im Fall der bisherigen Gentechnik. Aber die synthetische Biologie bietet ein zweites Beispiel für eine aus möglichen Zukünften abgeleitete konkrete Forschungs- beziehungsweise Innovationsanregung bereits heute: Die systematische Eruierung der Möglichkeiten der DIY-Biologie-Szene durch eine breitere Förderung und offene Diskussion ihrer Ergebnisse, aber auch ihrer Restriktionen (ausführlich hierzu: Sauter et al., 2015: 191 ff.). Anlass hierfür sind nicht etwa bereits jetzt absehbare konkrete Vorhaben oder Produkte, sondern das mögliche Veränderungspotenzial in gesellschaftlicher, gegebenenfalls sozioökonomischer Hinsicht aufgrund der Tech-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

nikaffinität und der gemeinschaftlichen Herangehensweise (Stichworte „Open Source“ und „Open Access“, „Beteiligung als Prinzip“). Auch das Potenzial im Bildungsbereich erscheint durchaus hoch. Technikzukünfte bilden innerhalb der DIY-Biologie-Community ein sehr wichtiges verbindendes und motivierendes Element.

(Ad 2) Ebenfalls ohne eine Zukunftsvorhersage im eigentlichen Sinn kommt der Ansatz aus, die Visionen, Hoffnungen und Befürchtungen zu neuen Bio- und Gentechnologien als Ausdruck heutiger Befindlichkeiten in den Blick zu nehmen (statt als Beschreibungen oder Prognosen möglicher Zukünfte). Denn diese werden ja *heute* geäußert und bestimmen einen guten Teil der gesellschaftlichen Debatte, wobei einerseits heilsähnliche Erwartungen hinsichtlich der Rettung zum Beispiel aus der drohenden globalen Energiekrise oder der Bekämpfung von Krankheiten geäußert, andererseits aber Befürchtungen menschlicher Hybris oder des „Gott Spielens“ formuliert werden. In einem hermeneutischen Blick (Grunwald, 2016a; Grunwald, 2016b) als Erweiterung der folgenorientierten TA geht es um die Deutung der düsteren wie der hellen (in der Gesellschaft vorhandenen) Zukunftsbilder zu neuen Bio- und Gentechnologien, um die durch sie ausgelösten Kontroversen und die dahinterstehenden Wahrnehmungen, Sorgen und Befürchtungen. Es ist zu klären, worum es in den häufig als spekulativ zu veranschlagenden Debatten zu zukünftigen Bio- und Gentechnologien „wirklich“ geht: Was steht für wen auf dem Spiel? Welche Interessen werden berührt? Welche Rechte werden möglicherweise beeinträchtigt? Welche Menschen-, Natur- und Technikbilder entwickeln sich und wie verändern sie sich? Welche anthropologischen Fragen sind involviert, und welche Gesellschaftsentwürfe in den Zukunftsprojektionen schwingen mit? Eine hermeneutisch erweiterte Technikfolgenabschätzung kann einerseits gegenwärtige Debatten über sich selbst aufklären und kommende Debatten vorbereiten, in denen es dann zum Beispiel um die konkrete Technikgestaltung gehen könnte (Grunwald, 2016a). Ein „Vision Assessment“ (Grunwald, 2009) kann in diesem Rahmen technikbasierte Visionen in ihren kognitiven und evaluativen Gehalten und in Bezug auf ihre Folgen untersuchen und den grundlegenden Baustein eines offenen, kognitiv informierten und normativ orientierten Dialoges bilden, zum Beispiel zwischen Experten und Expertinnen und Öffentlichkeit oder zwischen synthetischer Biologie, Ethik, Forschungsförderung, Öffentlichkeit und Regulierung. Auf diese Weise wird dem Ansatz, bereits in frühen Phasen von Technikdebatten auch angesichts hochgradig unsicherer und weit in der Zukunft liegender Zukunftsvorstellungen offene Dialoge zu führen (vgl. das Beispiel der künstlichen Fotosynthese oben), ein alternatives beziehungsweise komplementäres Vorgehen zur Seite gestellt. Verantwortung in und für neue Gen- und Biotechnologien heute zu übernehmen, bedeutet dann nicht, sich Gedanken um Jahrzehnte in der Zukunft liegende und daher nur spekulativ erschließbare Zukünfte zu

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

machen, sondern sich auf heutige Entscheidungen sowohl im Forschungsprozess als auch in der Ausgestaltung der gesellschaftlichen Debatte zu konzentrieren.

Während das Beispiel zur synthetischen Biologie (10.3.2) genau das leisten sollte, ist das Beispiel zur künstlichen Fotosynthese (10.3.1) anders gelagert. Hier gibt es aufgrund einer weitgehend fehlenden Debatte noch gar keine Technikzukünfte, die hermeneutisch in Bezug auf die heutige Situation und die nächsten anstehenden Schritte analysiert und reflektiert werden könnten. Stattdessen ging es hier zunächst darum, solche Zukunftsüberlegungen zu entwerfen und damit Grundlagen für eine (möglicherweise) kommende Debatte zu legen.

Insgesamt hat die TA in den letzten ca. 15 Jahren eine Reihe von Verfahren entwickelt, mit der spezifischen Situation in frühen bis sehr frühen Entwicklungsstadien von Technik umzugehen und Orientierung für Politik und Gesellschaft auch dann zu erbringen, wenn Folgenwissen in einem klassisch konsequentialistischen Sinn noch kaum oder gar nicht vorhanden ist. Damit liegen konzeptionelle und methodische Bausteine für TA vor, die Technikentwicklung von den frühesten Anfängen über gezielte Entwicklung bis hin zu Innovationen begleitet und dabei, je nach Entwicklungsstand und verfügbarem Wissen, unterschiedliche Ansätze verwendet (Guston/Sarewitz, 2002; Grunwald, 2018).

10.5 Ausblick

Die TA zu neuen Bio- und Gentechnologien wird auch in Zukunft in zwei Richtungen arbeiten, aber die Gewichtung kann sich verschieben:

- Zum einen wird sie sich, wie bisher, mit konkreten Folgenfragen spezifischer Technologien befassen und Optionen entwickeln, wie in konkreten Feldern im konsequentialistischen Paradigma Orientierung für Entscheidungsträger/-innen und die demokratische Öffentlichkeit bereitgestellt werden kann.
- Zum anderen wird TA weiterhin mit den „großen Fragen“ konfrontiert werden, so etwa zum Verhältnis von Leben und Technik, Mensch und Technik, Kultur und Natur sowie Evolution und menschlicher Intervention. Die Fallbeispiele in 10.4 haben deutlich gezeigt, dass sich hinter den Fragen nach Folgen und Implikationen spezifischer Technologien auch Fragen nach dem Selbstverständnis des Menschen in einer immer stärker technisch geprägten Welt verbergen. Die spezifische Aufgabe der TA besteht gemäß ihrer normativen Positionierung (Grunwald, 2018) darin, einerseits Expertenwissen aus den relevanten Disziplinen, hier zum Beispiel der Philosophie, andererseits Perspektiven von Stakeholdern und Betroffenen in einer inklusiven

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

und reflexiven Weise zusammen zu bringen, um durch die Entwicklung von alternativen Optionen gesellschaftliche Meinungsbildung und Entscheidungsfindung zu beraten.

Technikfolgenabschätzung wird sich daher interdisziplinär weiter verbreitern müssen: Der hermeneutische Blick hinter die Kulissen politischer Debatten erfordert die Einbeziehung von Kulturwissenschaften, Sprachwissenschaften und Philosophie, ohne dabei an biologischem und technischem Sachverstand Abstriche zu machen.

Eine weitere Herausforderung an die TA zu neuen Bio- und Gentechnologien wird vermittelt über Verschiebungen in der gesellschaftlichen Erwartung an Partizipation. In vielen westlichen Ländern sind die Ansprüche an Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern oder Stakeholdern an wesentlichen Zukunftsentscheidungen gewachsen, während das Zutrauen in eine rein repräsentative Demokratie gesunken ist. Partizipation an der Meinungsbildung über neue Technologien und ihre Nutzung ist gefragt. Auch im Bereich parlamentarischer TA, eigentlich ein Hort der Politikberatung im System repräsentativer Demokratie, wird diese veränderte Erwartungshaltung berücksichtigt werden müssen.

10.6 Literatur

acatech (Hrsg.) (2012a): Technikzukünfte. Vorausdenken – Erstellen – Bewerten. acatech Impuls. Springer, Heidelberg.

acatech (Hrsg.) (2012b): Perspektiven der Biotechnologie. Kommunikation. Kontroversen – Randbedingungen – Formate. acatech Position. Springer, Heidelberg.

acatech (Hrsg.) (2016): Technik gemeinsam gestalten. Frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit am Beispiel der Künstlichen Fotosynthese. Herbert Utz, München.

Collingridge, D. (1980): The Social Control of Technology. St. Martin's Press, New York.

Daele, W. van den/Döbert, R. (1995): Veränderungen der äußeren Natur. Partizipative Technikfolgenabschätzung. In: Funkkolleg Technik, Studienbrief 4/11. Deutsches Institut für Fernstudienforschung, Tübingen.

DFG = Deutsche Forschungsgemeinschaft, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) (2009): Synthetische Biologie. Stellungnahme. Wiley-Vch, Weinheim.

Dobroc, P. et al. (2018): Alternativen als Programm. Plädoyer für einen Perspektivenwechsel in der Technikfolgenabschätzung. Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 27: 18-23.

Finke, P. (2014): Citizen Science. Das unterschätzte Wissen der Laien. Oekom, München.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Giese, B. et al. (2014): Synthetic Biology. Character and Impact. Springer, Heidelberg.
Grunwald, A. (2009): Vision Assessment Supporting the Governance of Knowledge. The Case of Futuristic Nanotechnology. In: Bechmann, G. et al. (Hrsg): The Social Integration of Science. Institutional and Epistemological Aspects of the Transformation of Knowledge in Modern Society. Edition Sigma, Berlin: 147–170.
Grunwald, A. (2010): Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung. Edition Sigma, Berlin.
Grunwald, A. (2012): Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung. Karlsruhe.
Grunwald, A. (2014a): Technology Assessment for Responsible Innovation. In: Hoven, J. van den et al. (Hrsg.): Responsible Innovation 1. Springer, Dordrecht: 15–32.
Grunwald, A. (2014b): Synthetic Biology as Technoscience and the EEE Concept of Responsibility. In: Giese, B. M. et al. (Hrsg.): Synthetic Biology. Character and Impact. Springer, Heidelberg: 249–266.
Grunwald, A. (2015): Technology Assessment and Design for Values. In: Hoven, J. van den et al. (Hrsg.): Handbook of Ethics, Values, and Technological Design. Springer, Dordrecht: 67–86. DOI: 10.1007/978-94-007-6970-0.
Grunwald, A. (2016a): The Hermeneutic Side of Responsible Research and Innovation. Wiley-ISTE, London.
Grunwald, A. (2016b): Synthetic Biology. Seeking for Orientation in the Absence of Valid Prospective Knowledge and of Common Values. In: Hansson, S. O. Hirsch Hadorn, G. (Hrsg.): The Argumentative Turn in Policy Analysis. Springer, Heidelberg: 325–346.
Grunwald, A. (2018): Technology Assessment. From Practice to Theory. Taylor & Francis (im Erscheinen).
Grunwald, A. et al. (2012): Wissen für das Parlament. 20 Jahre Technikfolgenabschätzung am Deutschen Bundestag. Edition Sigma, Berlin.
Guston, D./Sarewitz, D. (2002): Real-Time Technology Assessment. In: Technology in Society 24(1–2): 93–109.

Habermas, J. (1968): Verwissenschaftlichte Politik und öffentliche Meinung. In: Habermas, J. (Hrsg.): Technik und Wissenschaft als Ideologie. Suhrkamp, Frankfurt: 120–145.
hib (2016) = heute im bundestag: Biohacking und Synthetische Biologie. In: hib 564/2016. Unter: https://www.bundestag.de/presse/hib/201609/-/462200 [13.05.2018].

Jonas, H. (1979): Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Insel, Frankfurt/M.
Joss, S./Belucci, S. (Hrsg.) (2002): Participatory Technology Assessment. European Perspectives. Centre for Study of Democracy, London.

Owen, R. et al. (2013): Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society. Chichester, Wiley.

PACITA (2012) = Parliaments and Civil Society in Technology Assessment: TA Practices in Europe. Report of the PACITA project. Unter: http://www.pacitaproject.eu/wp-content/uploads/2013/01/TA-Practices-in-Europe-final.pdf [22.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Paschen, H./Petermann, T. (1992): Technikfolgenabschätzung. Ein strategisches Rahmenkonzept für die Analyse und Bewertung von Technikfolgen. In: Petermann, T. (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung. Campus, Frankfurt: 19–42.

Petermann, T. (2005): Das TAB – Eine Denkwerkstatt für das Parlament. In: Petermann, T./Grunwald, A. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung für den Deutschen Bundestag. Das TAB – Erfahrungen und Perspektiven wissenschaftlicher Politikberatung. Edition Sigma, Berlin: 14–65.

Petermann, T./Grunwald, A. (Hrsg.) (2005): Technikfolgen-Abschätzung am Deutschen Bundestag. Das TAB – Erfahrungen und Perspektiven wissenschaftlicher Politikberatung. Edition Sigma, Berlin.

Sauter, A. (2005): Grüne Gentechnik? Folgenabschätzung der Agrobiotechnologie. In: Petermann, T./Grunwald, A. (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung für den Deutschen Bundestag. Das TAB – Erfahrungen und Perspektiven wissenschaftlicher Politikberatung. Edition Sigma, Berlin: 116–146.

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

Sauter, A. et al. (2015): Synthetische Biologie – die nächste Stufe der Biotechnologie. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, TAB-Arbeitsbericht Nr. 164, Berlin.

Schomberg, R. von (2005): The Precautionary Principle and its Normative Challenges. In: Fisher, E. et al. (Hrsg.): The Precautionary Principle and Public Decision Making. Edward Elgar, Cheltenham: 161–165.

VDI (1991) = Verein Deutscher Ingenieure: Richtlinie 3780 Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen. Düsseldorf.

Vig, N./Paschen, H. (Hrsg.) (1999): Parliaments and Technology Assessment. The Development of Technology Assessment in Europe. State University of New York Press, Albany.

Vriend, H. de (2006): Constructing Life. Early Social Reflections on the Emerging Field of Synthetic Biology. Rathenau Institute, The Hague.

ZKBS (2012) = Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit: Monitoring der Synthetischen Biologie in Deutschland. 1. Zwischenbericht der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit vom 06. November 2012. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), Az.: 46012. Unter: https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/06_Gentechnik/ZKBS/01_Allgemeine_Stellungnahmen_deutsch/01_allgemeine_Themen/Synthetische_Biologie.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [22.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Sascha Karberg

Spotlight 3: Gentechnologie für alle

> „Man muss wirklich gar nichts tun. Man geht einfach online, tippt den Namen eines Gens ein, drückt Enter und schon kann man sich selbst mit [der Genschere] CRISPR modifizieren. Es kostet mich etwa fünf Minuten, diese DNA zu machen. [...] Und die nächste Frage ist, was hält uns zurück, was kann uns stoppen? Ich denke viel darüber nach, denn ich habe diesen schlechten Zahn und wäre das nicht cool, wenn ich das ändern könnte? [...] Menschen werden mit Sachen geboren, über die sie keine Entscheidungsgewalt haben. Sie haben die genetische Lotterie verloren gegen die Athletischen, Ein-Meter-achtzig-Großen, Gut-Aussehenden. [...] Welchen Sinn ergibt das?“

So – und noch viel mehr – tönte Josiah Zayner zum Thema „Do-it-yourself-human-CRISPR“ (DIY) auf der SynBioBeta 2017, einer Konferenz für synthetische Biologie. Zayner ist promovierter Biophysiker, ehemaliger Forscher des NASA Ames Research Center und vor allen Dingen erklärter Biohacker – also Anhänger einer weltweiten Bewegung von Hobbyforschern, die in ihrer Freizeit in Kellern, Küchen oder „Community Labs“ mit gentechnischen Verfahren, DNA-Codes und improvisiertem Labor-Equipment experimentieren. Zayner ist außerdem Gründer der Firma Odin, die gentechnische Werkzeuge wie die Genschere CRISPR/Cas9 in Form von Bastelsets (Kits) samt Bakterien und Erbgutschnipseln an ausnahmslos jeden verschickt, der sie ordert – auch Laien.

Gentechnische Werkzeuge, mit denen das Erbgut von Bakterien, Pflanzen und Tieren verändert werden kann, in den Händen von Amateuren? Ja, Genforscher müssen der Realität ins Auge sehen, dass die von ihnen entwickelten, immer einfacher und günstiger nutzbaren Techniken längst auch außerhalb von Universitäten und Konzernlabors eingesetzt werden. Bei nicht wenigen entsteht bei diesem Gedanken ein Unbehagen, das sogleich nach Verboten, nach Reglementierung, gar Strafen schreit. Denn was passiert, wenn derart gentechnisch veränderte Organismen aus den Heimlabors entkommen und sich verbreiten? Oder wenn sich Menschen gar Genscheren selbst in-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

jizieren mit der naiven Hoffnung, sich von ernsthaften Krankheiten oder lächerlichen Schönheitsfehlern zu befreien – und dabei mehr Schaden anrichten als zu helfen?

Eine mehrjährige Recherche in der Biohacker-Szene (Charisius/Friebe/Karberg, 2013) kommt zu dem Schluss, dass

1. Biohacking (noch) kein Massenphänomen ist, sondern sich insbesondere in Europa auf höchstens ein paar Dutzend kontinuierliche Akteure beschränkt,
2. die technischen Möglichkeiten, Ausstattungen und Fähigkeiten der meisten Biohacker sehr eingeschränkt sind und Szenarien von gentechnisch „scharf" gemachten Mikroben mindestens übertrieben sind,
3. die meisten Biohacker keineswegs akademische Laien sind, sondern oftmals Biologen oder in verwandten Disziplinen ausgebildet wurden und sich mit Laborarbeit und den damit verbundenen Regularien auskennen,
4. die meisten Biohacker sich in Form von „Codes of Conduct" umfassende Gedanken zu Sicherheits- und ethischen Fragen ihres Tuns machen.

Allerdings gibt die Rhetorik und das Handeln einiger Akteure wie Zayner auch zu denken, nicht zuletzt weil sie den Zugang zu gentechnischen Werkzeugen zu plakativen Aktionen nutzen – vor allem in den USA, wo heimisches gentechnisches Arbeiten in den meisten Bundesstaaten nicht reguliert ist. So gab es 2013 die „Glowing-Plant"-Initiative, die über das Crowd-Finanzierungsportal „Kickstarter" über eine halbe Million Dollar für die Konstruktion leuchtender Pflanzen einsammelte. Das Biohackerteam versprach unter anderem, bei Erfolg die gentechnisch veränderten Pflanzensamen an die Spender zu verschicken – was eine Diskussion über Lücken in den Freisetzungsregeln für gentechnisch veränderte Organismen in den USA auslöste. Zur Freisetzung eines „Biohacking-Organismus" kam es indes nicht, denn die Pflanzen existieren noch immer nicht – nicht zuletzt ein Beleg dafür, dass die realen Möglichkeiten und Fähigkeiten der Biohacker in der Regel noch weit hinter ihren Visionen zurückbleiben.

Das mag aber auch daran liegen, dass Biotechniken noch (!) zu schwierig handhabbar sind und die Szene noch zu wenig organisiert ist, abgesehen von einigen gut ausgestatteten Gemeinschaftslabors, etwa Genspace in Brooklyn, BioCurious im Silicon Valley oder LaPaillasse in Paris. Um Biohacker mit den Werkzeugen, Chemikalien und Reagenzien zu versorgen, die Amateure von den klassischen Laborausstatterfirmen nicht bekommen, weil diese nicht an Privatpersonen ausliefern, gründete Josiah Zayner 2016 (ebenfalls Crowd-finanziert) die Firma Odin. Seitdem versendet Odin Gentech-Bastelsets, in denen die Genschere CRISPR/Cas9, die nötige Lotsen-RNA zum Finden der zu schneidenden Gensequenz, die zu verändernden Bakterien und andere wichtige Bestandteile enthalten sind. Bis vor Kurzem lieferte Odin auch nach Deutschland – bis

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

das bayerische Gesundheitsamt in zwei dieser Kits statt der versprochenen harmlosen *Escherichia coli*-Bakterien antibiotikaresistente Krankheitserreger vom Typ *Klebsiella* und *Enterococcus* fand und den Versand untersagte. Ohnehin wäre das heimische Experimentieren mit dem Odin-Kit in Deutschland strafbar. Zwar ist das Hantieren mit DNA im Reagenzglas zulässig, gemäß deutschem Gentechnikgesetz darf das Erbgut lebender Organismen aber nur in speziellen, genehmigten Labors verändert werden.

Wer glaubt, jegliches Biohacking durch solche Regularien langfristig verhindern zu können, wiegt sich allerdings in trügerischer Sicherheit. Denn gentechnische Werkzeuge sind niedrigschwellige Technologien, deren Verbreitung und Nutzung nicht zu kontrollieren ist – wenn nicht Odin, dann finden sich zahlreiche andere Firmen im Internet, die das nötige Equipment für gentechnische Experimente vertreiben. Eben diesen Zugang von Amateuren zu modernsten Gentechniken wie CRISPR/Cas9 hat das britische Nuffield Council on Bioethics in einer Studie als „potentielles Risiko für die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen" (2016) bezeichnet. Unmittelbaren Handlungsbedarf sehen die Experten indes nicht. Vielmehr solle das Phänomen Biohacking „beobachtet" werden, als eine von vielen Formen der Bürgerwissenschaft.

Ohnehin stellt sich angesichts der Tatsache, dass es gehörig (Sach-)Verstand braucht, um Organismen überhaupt nennenswert und erfolgreich gentechnisch zu verändern, die Frage, ob Verbote und Reglementierungen überhaupt der richtige Weg sind, mit Amateuren (= „Liebhaber") angemessen umzugehen. Die wenigsten Biohacker teilen die Rhetorik von Josiah Zayner, die meisten wissen um die Risiken und Grenzen, handeln verantwortungsbewusst und beugen vor: Bei Genspace etwa werden geplante Versuche zuvor besprochen und bei Bedenken gegebenenfalls mit einem wissenschaftlichen Beirat aus Profiforschern diskutiert. In Deutschland kam im Herbst 2016 im Rahmen einer Anhörung über synthetische Biologie und Biohacking im Deutschen Bundestag, organisiert vom Büro für Technikfolgenabschätzung, die Idee eines „Führerscheins" für Biohacker auf. Der deutsche Biohacker Rüdiger Trojok hat schon vor seinen ersten Experimenten einen „Code of Conduct" aufgestellt. Warum also Biohacker pauschal als „gefährlich" einstufen – oder als „gefährlicher" als Profiforscher? Auch in Instituten oder Firmen ist die Wahrscheinlichkeit des kriminellen oder fahrlässigen Missbrauchs von Gentechniken nicht ausgeschlossen (siehe die Anthrax-Fälle, die ihren Ursprung im US-Sicherheitslabor Ft. Detrick nahmen).

Die Idee, Biohacker nicht auszugrenzen, sondern als Bürgerforscher ernst zu nehmen und mit ihnen im Dialog zu bleiben, hätte nicht nur den Vorteil, zu wissen, was sie tun. Es böte auch die Chance einer neuen, niedrigschwelligen öffentlichen Auseinandersetzung mit den Biotechniken, die dann nicht mehr hinter den Wänden des El-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

fenbeinturms der Wissenschaft oder den Türen allein profitorientierter Konzerne verschwänden und entsprechend Misstrauen auslösen.

Biohacker stehen – wie alle Bürgerforscher – in der Tradition der Amateur-Forscher vergangener Jahrhunderte, zu denen so illustre Persönlichkeiten wie Leibniz, Goethe und Mendel zählten. Sie stehen in der noch viel älteren Tradition der Pflanzen- und Tierzüchter seit Anbeginn der Landwirtschaft, sind verwandt mit den Hobby-Astronomen, die in den vergangenen Jahrzehnten wichtige Entdeckungen machten, mit den unzähligen Käfer- und Schmetterlingssammlern, Vogelbeobachtern und den Freizeit-Botanikern mit ihren Herbarien. Vor allem aber haben sie viel gemein mit all jenen, die noch nie akzeptieren konnten und wollten, dass Expertenwissen und Hochtechnologie nur in den Händen von politischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Eliten gut aufgehoben sein sollen, mit jenen, die Zugang forderten, Zugang durchsetzten.

Biotechnologie, Gentechnik, Genanalyse, Biomedizin werden zu den Technologien gehören, die dieses und die folgenden Jahrhunderte definieren werden. Sie bieten immenses Potenzial, sie mit der gebührenden Vorsicht für gute Zwecke zu gebrauchen – oder sie zu missbrauchen. Die entscheidenden Zutaten für das, was sich da zusammenbraut, heißen Wissen, Information, Code. Und darin liegt auch die Parallele der Biotechnik zur Computertechnologie. Die hat innerhalb von weniger als zwei Generationen den Weg von riesigen, multimillionenteuren Rechenzentren zu halbzentimeterdicken Hosentaschengeräten zurückgelegt, mit denen man telefonieren, navigieren, Musik hören – aber auch Kinderpornos downloaden, Computerviren verschicken, Menschen virtuell terrorisieren kann. Es ist unbestritten, dass in der Biotechnologie die Möglichkeiten vergleichbar rasant zu- und die Kosten ebenso drastisch abnehmen. Anfang des Jahrhunderts kostete es etwa drei Milliarden Dollar, ein einziges menschliches Genom zu entschlüsseln, mittlerweile ist das zum Preis eines alten Gebrauchtwagens zu haben. Diese Entwicklung der Biotechniken zu einer gängigen, für viele bezahl-, handhab- und erreichbaren Technologie ist nicht aufzuhalten.

Auch wenn in Biohackerspaces vielleicht nie nobelpreisverdächtige Forschungen stattfinden werden, helfen sie doch, Brücken zu bauen zwischen normalen, interessierten, mehr oder weniger vorgebildeten Leuten und jenem Teil der Gesellschaft, der sich Wissenschaft nennt, der vom Rest der Gesellschaft heute aber so abgegrenzt ist wie nie zuvor. Und das, obwohl der Begründer der Genetik, der Vater aller Gentechnik, selbst ein Amateur war: Der hauptberufliche Augustinerpater Gregor Mendel war Hobbyforscher ohne akademischen Grad in den Naturwissenschaften – genauso wie der Theologe Charles Darwin. Eine Liste bekannter Amateurwissenschaftler ist endlos: Leonardo da Vinci, Otto Brunfels, Conrad Haas, Antoni van Leeuwenhoek, Joseph Priestley, Thomas Jefferson... Wer die Geschichten dieser Forscher nachliest, wird erkennen, wie

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

wichtig Freiheit und Unabhängigkeit für produktive, tatsächlich neues Wissen schaffende Wissenschaft war. In unserer Gesellschaft, die Freiheit des Denkens garantiert, gilt es, diese Freiheit der Forschung auch Biohackern zuzugestehen – trotz und gerade wegen der Risiken, die mit diesen Freiheiten einhergehen.

Literatur

Charisius H./Friebe, R./Karberg, S. (2013): Biohacking. Gentechnik aus der Garage. Carl Hanser Verlag, München.

Nuffield Council on Bioethics (2016): Genome editing. An ethical review. Unter: http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Genome-editing-an-ethical-review.pdf [29.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Teil IV: Problemfelder und Indikatoren

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger

11. Problemfelder der Gentechnologien gestern und heute

11.1 Einführung: Motivation und Zielsetzung

Die IAG *Gentechnologiebericht* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften hat als interdisziplinäres Langzeit-Monitoringprojekt die Aufgabe, neue Entwicklungen der Gentechnologie in Deutschland zu beobachten und mittels Analysen, Publikationen und Veranstaltungen zu begleiten. Zentrales Anliegen ist dabei, Informationen und Bewertungen zur Gentechnologie in den öffentlichen Diskurs einzubringen und diesen zu fördern. Dies geschieht einerseits durch die qualitative Auseinandersetzung mit verschiedenen Aspekten der Gentechnologie durch Beiträge und Vorträge von Experten und Expertinnen auf dem Gebiet, andererseits durch das Aufschließen des komplexen Feldes der Gentechnologien in einer messbaren und zugänglichen Form für die interessierte Öffentlichkeit (Diekämper/Hümpel, 2015: 16 ff. und 2012: 51–60). Dies wird anhand der Problemfeld- und Indikatorenanalyse geleistet, die ein besonderes Anliegen und Alleinstellungsmerkmal der IAG *Gentechnologiebericht* ist.[1] Dabei werden auf Basis einer qualitativen Erhebung (Problemfeldanalyse) quantitative Daten (Indikatoren) zusammengetragen, die gemeinsam eine Einschätzung aktueller Entwicklungen ermöglichen sollen (siehe unten).

Die Ergebnisse ihrer Analysen präsentiert die IAG in ihren Gentechnologieberichten, die in einem Abstand von drei bis sechs Jahren (2005, 2009, 2015, 2018) das gesamte Themenspektrum der IAG abzudecken suchen, sowie in spezifischen Themenbänden,

1 Da es sich bei der Problemfeld- und Indikatorenanalyse um eine zentrale Methode der IAG handelt, wurden die allgemeinen Überlegungen zu diesem sozialwissenschaftlich motivierten Ansatz im Wortlaut und inhaltlich ähnlich bereits in vorherigen Veröffentlichungen der IAG beschrieben (siehe etwa: Könninger/Marx-Stölting, 2018; Marx-Stölting, 2017; Diekämper/Hümpel, 2012; Müller-Röber et al., 2013; Köchy/Hümpel, 2012; Fehse/Domasch, 2011; Domasch/Boysen, 2007; Wobus et al., 2006; Hucho et al., 2005). Für eine ausführliche Darstellung der Problemfeld- und Indikatorenanalyse siehe Diekämper/Hümpel, 2015: 13–20. Die IAG dankt allen Autoren und Autorinnen, die über die Zeit an der (Weiter-)Entwicklung des Ansatzes mitgewirkt haben.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

die jeweils ein Thema der Gentechnologien aufgreifen und dieses entsprechend vertiefen.

Mit dem vorliegenden vierten Gentechnologiebericht wird erneut auf die Problemfeld- und Indikatorenanalyse zurückgegriffen, sie wird jedoch mit Blick auf die Bilanzierung mit einigen Änderungen durchgeführt. Bevor wir auf diese Änderungen eingehen, wird die Problemfeldanalyse zunächst in ihren wesentlichen Zügen vorgestellt.

11.2 Problemfelder im Kontext der Gentechnologien

Im Zusammenhang mit den Gentechnologien wurden und werden in der Öffentlichkeit viele unterschiedliche Themen diskutiert. Die IAG *Gentechnologiebericht* hat im Laufe der Jahre eine sozialwissenschaftlich motivierte Methode zur Erhebung sogenannter Problemfelder entwickelt. Problemfelder bündeln dabei die relevanten Themengebiete und verschiedenen Aspekte, die in der öffentlichen Wahrnehmung, das heißt insbesondere in den Medien, eine zentrale Rolle spielen (z. B. Patentierung wissenschaftlicher Ergebnisse, Zugang zu Therapien oder Datenschutz; siehe Abb. 1). Damit hat die Problemfeldanalyse das Ziel, die öffentliche Wahrnehmung der Gentechnologien abzubilden (Diekämper/Hümpel, 2015: 16). Dies geschieht durch eine Auswertung von Print- und Online-Medien. Sie wird seit 2006[2] für jedes von der IAG behandelte Themengebiet erhoben und innerhalb einer Art Koordinatensystem mit den Leitdimensionen „wissenschaftliche Dimension", „ethische Dimension", „soziale Dimension" und „ökonomische Dimension" grafisch dargestellt.[3] Innerhalb dieses Orientierungsrahmens werden die unterschiedlichen Problemfelder so angeordnet, dass erkennbar wird, welche Dimensionen die Problemfelder jeweils besonders berühren.

---

2 Auch wenn die Arbeit der IAG bereits 2001 begann und von Anfang an Indikatorenanalysen beinhaltete, wurde die Methodik der Erhebung von Problemfeldern und der Zuordnung der Indikatoren zu diesen erst ab 2006 praktiziert. Seit 2011 wird die Erhebung systematisch mithilfe eines zuvor erstellten Textkorpus bestehend aus Print- und Online-Medien durchgeführt. Dieses umfasst die während eines Jahres zu den jeweiligen Themen gesammelten Presseartikel in den vier Leitmedien *Süddeutsche Zeitung*, *Die ZEIT*, *Der Spiegel* und *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, die ersten zehn Treffer einer Stichwortsuche mit Google sowie einschlägige Stellungnahmen zum Thema. Das Korpus wurde analysiert und verschlagwortet, woraus die Problemfelder entwickelt wurden. Von 2006 bis 2010 wurden die Problemfelder anhand von Expertenbefragungen eruiert. Für die Stammzellforschung wurden 2017 auch Online-Beiträge der Zeitschriften miteinbezogen. Für die Stichwortsuche wurde von 2011–2017 eine Suche in Google, 2017 auch eine Meta-Suche in Metager durchgeführt (unter: www.metager.de und www.google.de) (siehe Könninger et al., 2018: 56 f.).

3 Eine Ausnahme sind die Darstellungen zur grünen Gentechnologie zwischen 2007 und 2009, bei denen statt der ethischen Dimension eine ökologische Dimension abgebildet wird.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die Verwendung des Begriffes „Problem" wurde dabei gewählt, „da mit ihm eine Sichtweise in den Vordergrund rückt, die einen Aspekt bewusst problematisiert und nicht allein deskriptiv angeht" (Domasch/Boysen, 2007: 179). Es handelt sich bei den so erhobenen Problemfeldern um Aspekte, die in den Medien aufgegriffen, benannt und diskutiert und so von einer breiten Öffentlichkeit wahrgenommen werden.

Mit Blick auf eine Bilanzierung wurden für den vorliegenden Bericht folgende Änderungen vorgenommen: Anhand der sechs verschiedenen Bereiche der Gentechnologie, die von der IAG behandelt wurden (Gentherapie, grüne Gentechnologie, Gendiagnostik, Stammzellforschung, Epigenetik und synthetische Biologie),[4] werden in einer Zusammenschau die über die Jahre für jedes Feld einzeln erhobenen Problemfelder themenübergreifend dokumentiert, visualisiert, inhaltlich beschrieben und, sofern möglich, mit Indikatoren ausgeleuchtet. Dies eröffnet eine Übersicht aller Problemfelder der Gentechnologien in der „öffentlichen Wahrnehmung". Darüber hinaus wurden die Indikatoren dabei erstmalig parallel für alle sechs Themen zeitgleich und mit derselben Methodik erhoben (Kap. 12). Dies ermöglicht einerseits die Auswertung der Indikatoren für jedes Einzelthema, andererseits erstmals auch einen relativen Vergleich der Themenfelder untereinander (ebd.).

Abbildung 1 zeigt eine Zusammenschau aller von der IAG im Laufe der Zeit erhobenen Problemfelder.[5] Zur Erstellung der Abbildung wurden sämtliche Problemfeldabbildungen der einzelnen Themengebiete miteinander verglichen.[6] Die dazugehörige Tabelle 1 erläutert, wie die einzelnen Problemfelder inhaltlich konkret zu fassen sind und bei welchen Themen diese eine Rolle spielten. Entgegen früherer Publikationen zeigt Abbildung 1 keine inhaltliche Gewichtung der einzelnen Problemfelder in einem bestimmten Bereich durch die unterschiedliche Größe der Felder, sondern die Überschneidungen der Problemfelder in verschiedenen Bereichen: Weiße Felder sind dabei

4 Siehe hierzu die Liste aller Publikationen der IAG im Anhang (Kap. 14.4).

5 Publikation der Problemfelder: 2006, 2009, 2015 und 2018 für die Stammzellforschung; 2007, 2009, 2013 und 2015 für die grüne Gentechnologie; 2008, 2009, 2011 und 2015 für die Gentherapie; 2007, 2009 und 2015 für die Gendiagnostik; 2012 und 2015 für die synthetische Biologie; 2015 und 2017 für die Epigenetik.

6 Konkret wurden, um eine Übersicht über alle Themen zu ermöglichen, die Abbildungen einzeln nebeneinander gelegt und direkt verglichen, welche Problemfelder benannt wurden. Als Ausgangsabbildung wurde die Stammzellforschung von 2018 gewählt. Dann wurden sämtliche Abbildungen zunächst zur Stammzellforschung, dann zu jeder der Abbildungen der anderen Themen hinzugenommen. Zusätzlich vorkommende Problemfelder wurden in die neue Abbildung aufgenommen. Parallel dazu wurde die Problemfeldtabelle erstellt und mit früheren Darstellungen abgeglichen und ausdifferenziert. Wo inhaltlich möglich, wurden Problemfelder zusammengefasst. Außerdem wurde quantitativ erhoben, welches Problemfeld bei wie vielen Themen eine Rolle gespielt hat, um die Färbung der Blasen in der Problemfeldübersicht festlegen zu können.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfelder, die insbesondere für ein oder zwei Themen relevant sind. Graue Problemfelder sind bei mindestens drei der Themen relevant.[7]

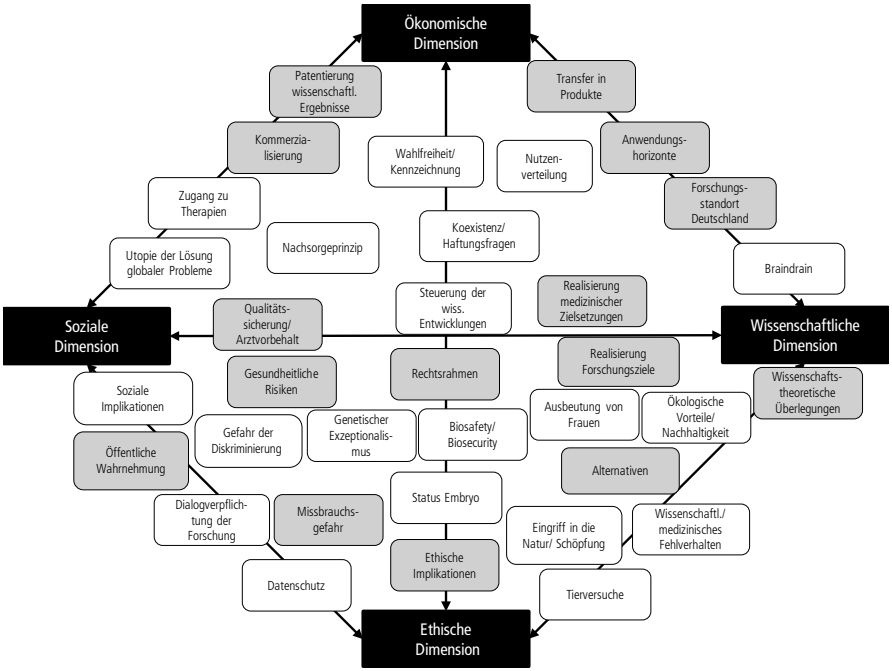
Die grafische Darstellung dient der Veranschaulichung[8] und bleibt dabei eine Momentaufnahme der sehr dynamischen Diskussionen um die Gentechnologien. Da die folgende Abbildung Problemfelder unterschiedlicher Gentechnologien zusammenfasst, kann sich ein Problemfeld inhaltlich auf unterschiedliche Themen der Gentechnologien beziehen. So sind unter dem Problemfeld „Alternativen" Alternativen zur grünen Gentechnologie, zu Gentherapien sowie zur Stammzellforschung zusammengefasst. Andersherum gibt es auch Themen, die in mehreren Bereichen der Gentechnologie diskutiert wurden und werden, jedoch jeweils unterschiedliche Problemfeldbezeichnungen trugen. So fasst das Problemfeld „ethische Implikationen" die früheren Problemfelder „Recht auf informationelle Selbstbestimmung", „Recht auf Nichtwissen", „Reproduktionstechniken" und „Anwendung eines Gentransfers im nicht therapeutischen Bereich" zusammen. Solche inhaltlichen Überschneidungen beziehungsweise Ergänzungen werden genauer in der Problemfeldtabelle (Tab. 1) beschrieben.

7 2007, 2009 und 2013 wurde für die grüne Gentechnologie statt der ethischen Dimension eine ökologische Dimension im Koordinatensystem aufgenommen. Für die Abbildung wurde daher auf die spätere Darstellung aus 2015 zurückgegriffen, in der die ethische Dimension aufgeführt ist. Aus den früheren Publikationen wurden nur die Inhalte der Problemfelder in die zusammenfassende Darstellung und in die erläuternde Tabelle aufgenommen.

8 Die Anordnung der Problemfelder innerhalb des Koordinatensystems erfolgte möglichst so, wie es in den Einzelpublikationen vorgefunden wurde. Doch aufgrund der teils unterschiedlichen inhaltlichen Fassung, Sachzwängen der bildlichen Darstellung sowie eines gewissen Ermessensspielraumes bei der Anordnung, wurden Problemfelder im Laufe der Jahre teilweise unterschiedlichen Dimensionen zugeordnet. Die hier präsentierte Anordnung ist daher ebenso wie die in ihr aufgehenden Einzeldarstellungen nicht als starr und absolut gesetzt zu verstehen, sondern soll eine Tendenz spiegeln.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Abbildung 1: Problemfelder zur Gentechnologie



Die Abbildung basiert auf einer themenübergreifenden Analyse aller früheren Darstellungen der IAG von Problemfeldern zu den Themen Epigenetik, Stammzellforschung, Gentherapie, Gendiagnostik, synthetische Biologie und grüne Gentechnologie. Sich inhaltlich überschneidende Problemfelder, die unterschiedlich benannt waren, wurden dabei zusammengefasst. Helle Blasen sind Problemfelder, die insbesondere für ein oder zwei Themen relevant sind, graue Problemfelder betreffen mindestens drei oder mehr Themen. Die inhaltliche Füllung der einzelnen Problemfelder sowie deren Relevanz für verschiedene Themenbereiche entnehmen Sie bitte der Tabelle 1.
Quellen: Wobus et al. (2006), Schmidtke et al. (2007), Müller-Röber et al. (2007), Hucho et al. (2008), Müller-Röber et al. (2009), Fehse/Domasch (2011), Köchy/Hümpel (2012), Müller-Röber et al. (2013), Müller-Röber et al. (2015), Walter/Hümpel (2017), Zenke et al. (2018).

11.3 Problemfeldbeschreibung

Die weiterführende inhaltliche Beschreibung in der Tabelle erfolgt, um Rückschlüsse darauf zu ermöglichen, was genau unter dem jeweiligen Problemfeld für das jeweilige Themenfeld konkret zu verstehen ist.[9] Um eine Übersicht über alle Themen zu ermög-

9 Die Reihenfolge der Nennung von Problemfeldern in der Problemfeldtabelle spiegelt dabei keine Gewichtung wider.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

lichen, enthält die Tabelle im Unterschied zu bisherigen Publikationen über eine Beschreibung der Problemfelder hinaus auch Informationen darüber, welche Problemfelder bei welchen Themen besonders relevant waren und welche früheren Problemfelder (kursiv) zu einem Problemfeld zusammengefasst wurden (und dann nicht mehr separat in die Abbildung 1 aufgenommen wurden). Die Tabelle wurde mittels eines Vergleichs der Problemfeldtabellen früherer Publikationen der IAG erstellt. Die Beschreibungen wurden, wenn möglich, im Wortlaut übernommen und wo nötig aktualisiert und angepasst.[10]

Den Problemfeldern und deren inhaltlichen Beschreibungen in der Problemfeldtabelle werden in einem weiteren Schritt Indikatoren zugeordnet, die sie oder Aspekte aus den Problemfeldern quantitativ ausleuchten sollen (etwa die Anzahl von Zeitungsartikeln zu den einzelnen Themenfeldern in bestimmten Leitmedien zur Ausleuchtung des Problemfelds „öffentliche Wahrnehmung" oder die Anzahl von Fachpublikationen zur „Realisierung Forschungsziele"). Die Darstellung und Interpretation dieser Indikatoren folgt in Kapitel 12. Je mehr Indikatoren einem Problemfeld zugeordnet werden können, desto breiter kann das Problemfeld ausgeleuchtet werden. Allerdings lassen sich nicht für alle Problemfelder auch Indikatoren finden, weil Daten nicht verfügbar sind oder/und eine qualitative Beschreibung nötig ist. Sofern Aspekte aus den Problemfeldern in Beiträgen dieses Berichts behandelt werden, wurden sie ebenfalls den Problemfeldern zugeordnet. Da die Indikatoren in diesem Bilanzierungsbericht erstmals für alle sechs von der IAG über die Jahre beobachteten Gentechnologien erhoben und miteinander verglichen werden sollten, wurden für den vierten Bericht solche Indikatoren ausgewählt, die auch für alle sechs Themen relevant und zugänglich sind. So wurden acht übergreifende Indikatoren erhoben (Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01), Neuerscheinungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-02), Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03), Anzahl internationaler Fachartikel zu den Themenfeldern der IAG (4B-04), Förderung durch den Bund zu den Themenfeldern der IAG (4B-05), öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06), Fördermaßnahmen der DFG zu den Themenfeldern der IAG (4B-07), EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung zu den Themenfeldern der IAG (4B-08)).

10 Die Begrifflichkeiten wurden möglichst so verwendet, wie sie in den Büchern gefunden wurden. Da aber manche Problemfelder im Laufe der Zeit bewusst umbenannt wurden, war es nötig, Begriffe, die identische Sachverhalte abbildeten, unter einem Begriff zusammenzufassen. Hier wurde der jeweils aktuellere Begriff gewählt.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Tabelle 1: Problemfelder der Gentechnologien in Deutschland, Indikatoren und Beiträge zu ihrer Beschreibung[11]

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Im Kreuzfeld aller Dimensionen		
Rechtsrahmen	Der rechtliche Rahmen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene bestimmt über die Zulässigkeit von gentechnischen Verfahren und definiert ihren Einsatz in der wissenschaftlichen Praxis bzw. formuliert dafür notwendige Rahmenbedingungen. Er hat eine Funktion bei der Vermittlung von einander widersprechenden Interessen und Schutzgütern. Der Rechtsrahmen wird in jedem der sechs Themenfelder diskutiert.	**Beitrag:** **Taupitz (Kap. 5)**
Steuerung medizinisch-wissenschaftlicher Entwicklungen	Das Problemfeld umfasst die Steuerung medizinisch-wissenschaftlicher Entwicklungen jenseits der Steuerung durch Gesetze (siehe Problemfeld Rechtsrahmen), wie bspw. die Steuerung durch öffentliche Registrierungsinstanzen, Fachbegutachtungen von Forschungsvorhaben, Ethikkommissionen oder Moratorien. Diskutiert werden die Vielfalt der Aktivitäten der Steuerung und auch die Fragen nach den (Un-)Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Steuerung medizinisch-wissenschaftlicher Entwicklungen. Dieses Problemfeld wurde 2017 für die Stammzellforschung neu hinzugefügt.	**Beiträge:** **Fangerau (Kap. 2)** **Grunwald/Sauter (Kap. 10)** **Hucho (Spotlight 5)**
Wissenschaftliche Dimension <> Ethische Dimension		
Alternativen	In verschiedenen Bereichen werden als weniger problematisch angesehene Alternativen thematisiert. Meist geht es dabei um Ansätze, die ohne Gentechnik auskommen. So werden im Bereich der grünen Gentechnologie zum Beispiel der Biolandbau oder auch soziale Projekte zur Bekämpfung des Hungers in der Welt als gentechnikfreie Alternativen diskutiert. Bei der Gentherapie werden zum Beispiel herkömmliche Medikamente als Alternativen zur als riskant wahrgenommenen somatischen Gentherapie gesehen.	

11 Kursiv geschriebene Ausdrücke in der Tabelle geben Bezeichnungen von Problemfeldern der Einzelthemen wieder, die inhaltlich in dem jeweiligen Problemfeld aufgehen und daher nicht mehr als gesondertes Problemfeld aufgelistet wurden. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass die Themenfelder für unterschiedliche Bereiche zum Teil unterschiedlich benannt oder auch im Laufe der Zeit umbenannt wurden. Zum anderen wurden für den vorliegenden Bericht verschiedene Themenfelder für eine bessere Lesbarkeit der umfangreichen Problemfeldtabelle zusammengefasst, wo inhaltlich möglich.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Alternativen	Besonders prominent ist die Diskussion um Alternativen allerdings im Bereich Stammzellforschung und zwar bezogen auf die Nutzung von humanen embryonalen Stammzellen (hES-Zellen). Hier wird nicht die Nutzung von Gentechnik an sich, sondern die Gewinnung von hES-Zellen aus Embryonen in vitro, die dabei zerstört werden, als problematisch angesehen. Daher werden alternative Stammzellen wie humane adulte Stammzellen (hAS-Zellen), humane induzierte pluripotente Stammzellen (hiPS-Zellen) und humane parthenogenetische Stammzellen diskutiert, deren Gewinnung als ethisch vertretbarer angesehen wird bzw. deren Nutzung auch rechtlich zulässig ist. Im Kontext der Stammzellforschung thematisiert das Problemfeld die Qualität, Gesundheitsrisiken und Wirtschaftlichkeit von Ansätzen, die auf hES-Zell-Linien basieren, im Vergleich zu alternativen Methoden.	
Wissenschaftliches/medizinisches Fehlverhalten	In den letzten Jahren gab es immer wieder Skandale, ausgelöst durch wissenschaftliches Fehlverhalten im Sinne der Veröffentlichung nicht reproduzierbarer oder gefälschter Daten oder der Überschreitung ethischer Grenzen, so etwa im Bereich der Stammzellforschung. Auch im Kontext experimenteller Therapien (z. B. Gentherapien) wird von Verstößen gegen das ärztliche Berufsrecht oder den medizinischen Ethos berichtet.	**Beitrag: Fehse et al. (Kap. 8)**
Tierversuche	Zu diesem Problemfeld zählt die Frage der Notwendigkeit von bzw. möglicher Alternativen zu Tierversuchen in der Forschung und ihrer Validität ebenso wie die Thematisierung des Tierschutzgesetzes, insbesondere bei der Stammzellforschung.	
Ausbeutung von Frauen	Dieses Problemfeld wurde nur 2006 im Kontext der Stammzellforschung aufgeführt. Das Problemfeld betrachtet einen kritischen Aspekt der Stammzellforschung, der mit der Gewinnung von Zellmaterial, insbesondere von Eizellen (im Kontext des sog. therapeutischen Klonens), zusammenhängt. Die Gewinnung von Eizellen erfordert eine Hormonbehandlung, die mit gesundheitlichen Risiken verbunden ist. Diese Risiken könnten von Frauen aus Entwicklungsländern gegen finanzielle Leistungen eher in Kauf nehmen als Frauen aus Industrienationen.	

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Ökologische Vorteile/Nachhaltigkeit	Das Problemfeld spielt besonders im Bereich der grünen Gentechnologie eine wichtige Rolle (komplementär zu den befürchteten *ökologischen Risiken*). Sowohl Befürworter/-innen als auch Gegner/-innen des Einsatzes von Gentechnik in der Landwirtschaft argumentieren, dass ihre Herangehensweise mit ökologischen Vorteilen verbunden und nachhaltig ist. So wollen zahlreiche Befürworter/-innen etwa durch insektenresistente Nutzpflanzen den Einsatz von Insektiziden reduzieren. Viele Gegner/-innen hingegen argumentieren gegen die industrielle Landwirtschaft, die sie durch die grüne Gentechnologie befördert sehen und für umweltschädlich halten, und setzen etwa auf den Biolandbau. Die Frage, ob gentechnisch veränderte Pflanzen ökologische Vorteile haben oder nicht, ist nach wie vor umstritten.	
Wissenschaftstheoretische Überlegungen	Am Beispiel aller Themen werden allgemeine Voraussetzungen, Methoden und Ziele von Wissenschaft und ihrer Form der Erkenntnisgewinnung hinterfragt. Wissenschaftstheoretische Überlegungen umfassen etwa die Lebensdefinition im Bereich der synthetischen Biologie, aber auch das Genkonzept, das der Gendiagnostik und Gentherapie zugrunde liegt.	
Eingriff in die Natur/Schöpfung	Insbesondere im Bereich der grünen Gentechnologie und synthetischen Biologie werden *ethische und theologische Aspekte sowie Naturvorstellungen* diskutiert. Insbesondere das Überspringen von Artgrenzen kann als ein massiver Eingriff in die Natur bzw. (religiös formuliert) Schöpfung gesehen werden. Bei der grünen Gentechnologie könnten ethische Grenzen z. B. überschritten werden beim Einsatz von Tier- und Humangenen in Pflanzen oder bei der synthetischen Biologie, wenn es etwa um die Herstellung völlig neuartiger Stoffwechselwege geht, die in der Natur nicht vorkommen.	**Beitrag:** **Fehse et al. (Kap. 8)**
Wissenschaftliche Dimension <> Soziale Dimension		
Realisierung Forschungsziele	Wissenschaftliche Forschung will neue Erkenntnisse gewinnen, um z. B. neue Technologien zu entwickeln. Zu ihrem Wesen gehört dabei eine begrenzte Planbarkeit und Ergebnisoffenheit. Gleichwohl beeinflussen die vorhandenen Rahmenbedingungen – wie die wissenschaftliche Infrastruktur, Fördermöglichkeiten und geltendes Recht – die Realisierung von gesetzten Forschungszielen, die sich quantifizierbar z. B. in Veröffentlichungen, Forschungspreisen oder akademischen Abschlüssen niederschlagen. Die Realisierung von Forschungszielen ist für alle Themen zentral.	**Indikatoren:** **Förderung durch den Bund zu den Themenfeldern der IAG (4B-05)** **Anzahl internationaler Fachartikel zu den Themenfeldern der IAG (4B-04)** **Fördermaßnahmen der DFG zu den Themenfeldern der IAG (4B-07)** **EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung zu den Themenfeldern der IAG (4B-08)**

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Realisierung medizinischer Zielsetzungen	Das Ziel medizinischer Humanforschung ist, neue Erkenntnisse zu gewinnen, um Erkrankungen und Gesundheitsstörungen (besser) vorzubeugen, zu diagnostizieren, zu lindern oder zu heilen. Dies macht den besonders sensiblen Charakter biomedizinischer Forschung aus. Probleme ergeben sich dann, wenn nicht alle medizinischen Zielsetzungen umsetzbar sind, weil sie sich als schwieriger, zeitraubender oder kostenintensiver herausstellen als zunächst angenommen. Die Realisierung medizinischer Zielsetzungen ist für alle Themen relevant, steht jedoch bei der grünen Gentechnologie nicht im Vordergrund.	**Beiträge:** **Fehse et al. (Kap.8)** **Stock (Kap. 3)**
Wissenschaftliche Dimension <> Ökonomische Dimension		
Anwendungshorizonte	Anwendungshorizonte werden für alle Themen diskutiert, sind aber in der Praxis bislang noch nicht realisiert. Sie schließen visionäre Ziele mit hohem Innovationspotenzial ein, deren Durchführbarkeit entsprechend ungewiss ist. Für die Stammzellforschung sind patientenspezifische Stammzelltherapien ein Beispiel. Für die grüne Gentechnologie etwa trockenresistente Nutzpflanzen. Die somatische Gentherapie mittels Genomchirurgie ist derzeit noch ebenso unsicher wie der breite Einsatz der Pharmakogenetik im Bereich genetischer Diagnostik, wobei in beiden Gebieten erste klinische Erfolge zu verzeichnen sind. Bei der synthetischen Biologie wäre ein Beispiel die Entwicklung von Mikroorganismen, die Umweltverschmutzungen beheben könnten. Auch bewusste epigenetische Modifikationen gehören zu den Anwendungshorizonten der Gentechnik.	**Beiträge:** **Fehse et al. (Kap. 8)** **Birnbacher (Kap. 9)** **Karberg (Spotlight 3)**
Braindrain	In einer dynamischen, globalisierten Forschungslandschaft mit entsprechenden Mobilitätsanforderungen läuft Deutschland Gefahr, wissenschaftliche Talente zu verlieren, ohne dass im vergleichbaren Maß Wissenschaftler/-innen gewonnen werden können. Für den in Deutschland umstrittenen Bereich der Stammzellforschung bedeutete dies etwa gerade anfangs, dass hochqualifizierte Wissenschaftler/-innen aus beruflichen, politischen, wirtschaftlichen oder auch rechtlichen Gründen (Restriktionen durch das Stammzell- und Embryonenschutzgesetz) das Land verließen. Damit geht im globalen Standortwettbewerb und Forschungswettlauf wichtiges Know-how verloren und ökonomisches Potenzial bleibt ungenutzt. Dasselbe Phänomen spielt heute auch noch bei der grünen Gentechnologie eine wichtige Rolle, da aufgrund der politischen Situation etwa Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen in Deutschland nicht mehr durchführbar sind.	

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Forschungs-standort Deutschland	Für ein an Rohstoffen armes Land wie Deutschland ist eine wissensbasierte Ökonomie von zentraler Bedeutung für die wirtschaftliche Prosperität und den gesellschaftlichen Wohlstand. Die internationale Attraktivität eines Forschungsstandortes hängt von einer Vielzahl an Faktoren ab, z. B. der vorhandenen wissenschaftlichen Infrastruktur, dem Ausmaß und der Art an Fördermaßnahmen oder auch von nationalen rechtlichen Regelungen, die die wissenschaftliche Praxis beeinflussen. Der internationale Ruf und die Vernetzung innerhalb der globalisierten Forschungslandschaft spielen ebenfalls eine Rolle. Das Problemfeld beinhaltet Themen wie Forschungsförderung in Deutschland, Publikationsleistungen deutscher Forscher/-innen und rechtliche Rahmung. Auf den Gebieten der Stammzellforschung (insbesondere mit hES-Zellen) oder der grünen Gentechnologie wird aufgrund rechtlicher Beschränkungen eine Abkopplung von der internationalen Forschung problematisiert.	**Indikatoren:** **Anzahl internationaler Fachartikel zu den Themenfeldern der IAG (4B-04)** **Förderung durch den Bund zu den Themenfeldern der IAG (4B-05)** **Fördermaßnahmen der DFG zu den Themenfeldern der IAG (4B-07)** **EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung zu den Themenfeldern der IAG (4B-08)**
Nutzen-verteilung	Besonders im Kontext der grünen Gentechnologie stellt sich die Frage, wie der Nutzen der Technologie verteilt ist. Dazu gehört etwa die Frage, ob es für die Verbraucher/-innen einen Nutzen gibt oder ob dieser z. B. auf den Bereich der landwirtschaftlichen Erzeuger/-innen beschränkt bleibt. Leistet die grüne Gentechnologie einen Beitrag zur *gesunden Ernährung*? Auch Fragen nach globaler Gerechtigkeit werden in diesem Kontext diskutiert, d. h. ob ein Nutzen sich nur auf bestimmte, z. B. europäische Länder beschränkt oder sich auch auf Entwicklungsländer bezieht.	
Transfer in Produkte	Wissenschaft kann allgemein auch unter ökonomischen Prämissen bewertet werden. Das ist vor allem dann möglich, wenn konkrete Produkte zur Marktreife geführt werden. Zu nennen wären hier etwa der Einsatz gendiagnostischer Verfahren in der Medizin, insektenresistente und herbizidtolerante Pflanzen bei der grünen Gentechnologie, erste gentherapeutische Medikamente auf dem Markt sowie Stammzelltherapien basierend auf hES- oder hiPS-Zellen. Nicht in allen Wissenschaftsgebieten werden Forschungsergebnisse gleichermaßen effizient in neue Produkte überführt. Gleichzeitig führt der Druck zur ökonomischen Verwertung von Forschungsergebnissen gegebenenfalls zu verfrühten, nicht haltbaren Versprechungen.	

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Ethische Dimension <> Soziale Dimension		
Öffentliche Wahrnehmung	Der Einsatz und die Etablierung neuer technologischer Verfahren hängen zentral von deren gesellschaftlicher Wahrnehmung ab. Z. B. anhand der Präsenz der Themen in den Printmedien und im Internet sowie der Quantität öffentlicher Veranstaltungen zeigt sich das öffentliche Interesse an der Thematik. Die beständige Information und Teilhabe der Menschen an aktuellen Entwicklungen der Forschung ist selbstverständlicher Bestandteil gesamtgesellschaftlicher Aushandlungsprozesse; sie hat auch Auswirkungen auf die *öffentliche Bewertung/Akzeptanz* einer Technologie.	**Indikatoren:** **Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01)** **Neuerscheinungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-02)** **Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03)** **Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06)** **Beiträge:** **Diekämper et al. (Kap. 7)** **Hampel (Spotlight 4)** **Graumann (Spotlight 2)** **Gen-ethisches Netzwerk (Spotlight 1)** **Renn (Kap. 6)**
Soziale Implikationen	Forschung und Entwicklung werfen Fragen nach ihren gesellschaftlichen Implikationen auf. Häufig können diese Implikationen im Frühstadium der Forschung noch nicht identifiziert werden, weil z. B. Forschungsziele in diesem Stadium noch vage sind. Mögliche Implikationen werden meist erst sichtbar, wenn eine bestimmte Forschung schon etabliert ist. Dann kann die Gefahr bestehen, dass ihre Etablierung nicht mehr änderbar ist. In der Diskussion um Stammzellforschung werden z. B. im Kontext der Herstellung von Eizellen aus Stammzellen – bisher im Tierversuch erprobt – mögliche Implikationen für Mensch und Gesellschaft abgeleitet. Dabei werden Fragen nach Veränderungen von Sexualität, Zeugung und Fortpflanzung sowie dem konventionellen Familienmodell aufgeworfen. Die epigenetische Forschung z. B. stiftet neue Handlungsräume in Bezug auf gesundheitliche Vorsorge. Diese Vorsorge kann sich zum einen auf das Individuum beziehen, zum anderen werden auch intergenerationelle Effekte diskutiert. Die Epigenetik geht dabei über die klassische Genetik insofern hinaus, als dass sie Umwelteinflüsse und Lebensgewohnheiten als ursächlich für eine spezifische Disposition ansieht. Vor diesem Hintergrund könnte sich möglicherweise zukünftig auch gesellschaftspolitischer Regelungsbedarf einstellen, etwa zum Schutz vor Diskriminierung.	**Indikatoren:** **Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01)** **Neuerscheinungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-02)** **Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03)** **Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06)**

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Gesundheitliche Risiken	Mit gentechnischen Verfahren können gesundheitliche Risiken verbunden sein. So wird im Bereich der Gentherapie über Nebenwirkungen wie etwa Leukämieentstehung diskutiert. Auch die grüne Gentechnologie steht immer wieder unter Verdacht, gesundheitliche Risiken zu bergen, obwohl zahlreiche naturwissenschaftliche Studien dies nicht bestätigen konnten. Bei der Stammzellforschung könnten etwa transplantierte Stammzellen zur Entstehung von Leukämien führen. Im Bereich der Epigenetik wird umgekehrt insbesondere in den populären Medien eine mögliche *Eigenverantwortung für gesundheitliche Risiken* diskutiert. Hierbei wird ein Verantwortungsbegriff ins Zentrum gestellt, der sich durch die aktuelle wissenschaftliche Datenlage zur Epigenetik nicht untermauern lässt, aber dennoch das Individuum in die Pflicht nimmt, bezogen nicht nur auf die eigene Gesundheit, sondern auch auf die zukünftiger Kinder.	**Indikator:** **Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01)** **Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03)**
Datenschutz	Die Erhebung und Speicherung genetischer Daten z. B. im Bereich der Gendiagnostik ermöglicht prinzipiell eine weitergehende Nutzung, die individuelle Rechte tangieren kann. Außerdem lassen genetische Informationen oft Rückschlüsse auf die genetische Konstitution von Familienangehörigen zu. In diesem Zusammenhang wird auch das Recht auf informationelle Selbstbestimmung wie auch ein „Recht auf Nichtwissen" diskutiert.	**Beitrag:** **Fehse et al. (Kap. 8)**
Dialogverpflichtung der Forschung	Forscher/-innen aus den verschiedenen Themenbereichen sehen die Notwendigkeit für einen frühzeitigen wechselseitigen Austausch mit der Gesellschaft und Politik über ethische und gesellschaftliche Aspekte der neuen Technologien. Der Ruf nach einem öffentlichen Dialog wird besonders im Bereich der synthetischen Biologie sowie aktuell beim Thema Genome-Editing laut.	**Indikator:** **Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06)** **Beiträge:** **Diekämper et al. (Kap. 7)** **Grunwald/Sauter (Kap. 10)**
Missbrauchsgefahr	Das Problemfeld bezieht sich auf den möglichen Missbrauch oder auch die Instrumentalisierung von Technologien im weiteren Sinne (im Unterschied zum konkreten Missbrauch von Stoffen, siehe Biosecurity). Die im Rahmen vor allem der Gendiagnostik erhobenen Daten generieren ein spezifisches Wissen, das durch die hohe Aussagekompetenz z. B. in Bezug auf die Gesundheitsrisiken eines Individuums einen sensiblen Umgang verlangt. Dabei soll einer Gefahr der Diskriminierung von Menschen mit bestimmten genetischen Konstitutionen, etwa durch Arbeitgeber/-innen oder Versicherungen, entgegengewirkt werden.	**Beitrag:** **Karberg (Spotlight 3)**

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Missbrauchsgefahr	Bei der Epigenetik wird über eine mögliche *Instrumentalisierung wissenschaftlicher Hypothesen* diskutiert. Neue Technologien wie die grüne Gentechnologie könnten gegen das Wohl des Menschen zweckentfremdet werden, so könnten etwa Großkonzerne versuchen, über die Kontrolle des Saatgutes Kontrolle über Bevölkerungen zu erlangen.	
Genetischer Exzeptionalismus	Hierbei ist die Frage zentral, ob und wenn ja, in welchem Sinne genetischen Daten im Vergleich zu anderen medizinischen Daten ein Sonderstatus zukommt. Dies wird besonders für den Bereich der Gendiagnostik diskutiert.	
Gefahr der Diskriminierung	Personen mit bestimmten genetischen Dispositionen könnten gesellschaftlich diskriminiert werden, etwa im Arbeits- und Versicherungsbereich. Durch die Möglichkeiten der vorgeburtlichen Diagnostik können z. B. Aussagen über genetische Dispositionen des Fötus getroffen werden. Auch hier besteht die Gefahr der Wertung und Diskriminierung. Auch im Bereich der Epigenetik wird darüber diskutiert, ob Diskriminierungspotenzial bestehen könnte.	**Beiträge:** **Graumann (Spotlight 2)** **Lanzerath (Kap. 4)**
Ethische Dimension <> Ökomische Dimension		
Ethische Implikationen	Forschung – vor allem in den Biowissenschaften und verschärft im biomedizinischen Bereich – generiert Wissen und Anwendungen, die eine Auseinandersetzung mit etwaigen Konsequenzen für den Mensch, die Gesellschaft und die Umwelt verlangen. Dabei spielen soziale oder rechtliche Aspekte ebenso eine Rolle wie ethische Fragen, die es gesellschaftlich zu diskutieren gilt und die u. U. politischen Handlungsbedarf nach sich ziehen. Dieses Problemfeld erfasst dabei ethische Implikationen im Allgemeinen, die nicht als einzelnes konkretes Problemfeld erfasst wurden. Im Zusammenhang mit der Gendiagnostik wird z. B. über das *Recht auf informationelle Selbstbestimmung* sowie über das *Recht auf Nichtwissen* diskutiert. Außerdem nimmt sie Einfluss auf die menschliche Fortpflanzung. Das zeigte nicht zuletzt die kontroverse Diskussion um die *Reproduktionstechniken* Präimplantationsdiagnostik und Pränataldiagnostik. Die Forschung am Menschen ist höchst problematisch und unterliegt deshalb strengen Standards und Kontrollen. Innerhalb gentherapeutischer Forschung wird eine Vielzahl von forschungsethischen Fragen relevant, da es sich hier derzeit noch um eine sehr risikobehaftete Technik handelt, mit teilweise irreversiblen Konsequenzen. Daneben wird die *Anwendung eines Gentransfers im nicht therapeutischen Bereich* (sog. Enhancement) oder in der menschlichen Keimbahn problematisiert.	**Indikatoren:** **Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01)** **Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03)** **Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06)** **Beiträge:** **Graumann (Spotlight 2)** **Lanzerath (Kap. 4)**

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Ethische Implikationen	In der synthetischen Biologie wird außerdem die Bedeutung des Lebensbegriffs diskutiert. Dabei geht es um die Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen „Leben" im normativ folgenreichen Sinn zu schützen ist.	
Status Embryo	Das Problemfeld ist insbesondere für den Bereich der Stammzellforschung mit hES-Zellen relevant. Für die Herstellung von hES-Zell-Linien werden frühe menschliche Embryonen aus In-vitro-Fertilisationen „verbraucht". Diese sind ohne Implantation in den Uterus nicht lebensfähig. Umstritten ist, ab wann schutzwürdiges menschliches Leben beginnt und nach welchen Kriterien es definiert wird. Von der Definition hängt ab, ob und welche Embryonen zu Forschungszwecken genutzt werden dürfen. Das deutsche Embryonenschutzgesetz und das Stammzellgesetz verbieten die Gewinnung von hES-Zellen, erlauben aber unter bestimmten Auflagen den Import bestehender hES-Zell-Linien zu Forschungszwecken.	**Beitrag:** **Birnbacher (Kap. 9)**
Koexistenz/Haftungsfragen	Es wird im Bereich der grünen Gentechnologie diskutiert, inwieweit die Koexistenz, also das Nebeneinander von gentechnisch veränderten Pflanzen und konventioneller bzw. ökologischer Landwirtschaft, möglich ist. Es geht um *landwirtschaftliche Strukturen,* also darum, wie und unter welchen Bedingungen Landwirtschaft betrieben wird. Auch bestehende landwirtschaftliche Strukturen werden teilweise kritisiert. Hierbei spielen auch spezielle Haftungsregelungen eine Rolle, etwa für den Fall der Ausbreitung von gentechnisch veränderten Pflanzen in benachbarte Felder.	
Wahlfreiheit/ Kennzeichnung	Das Problemfeld ist vor allem im Bereich der grünen Gentechnologie relevant. Die dem Grundsatz der Wahlfreiheit folgende Kennzeichnung von gentechnisch veränderten Lebensmitteln erlaubt Verbrauchern und Verbraucherinnen die freie Entscheidung, sich für oder gegen die Gentechnik bei Lebensmitteln zu entscheiden.	
Biosafety/Biosecurity	Die beiden Begriffe werden im Deutschen unter dem Begriff der *Biosicherheit* zusammengefasst und zielen auf Sicherheitsstandards zur Vorbeugung einer unbeabsichtigten Gefährdung der Umwelt (Biosafety), z. B. durch eine Freisetzung von Mikroorganismen oder Stoffen aus Laboren, bzw. eines beabsichtigten Missbrauchs (Biosecurity), z. B. in terroristischer Absicht. Biosafety-Fragen werden insbesondere bei der synthetischen Biologie und grünen Gentechnologie aufgeworfen (*ökologische Risiken*). Ob und wenn ja, welche ökologischen Risiken bestehen, ist dabei jedoch umstritten.	**Beitrag:** **Karberg (Spotlight 3)**

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
	Soziale Dimension <> Ökonomische Dimension	
Zugang zu Therapien	Bei etablierter und breiter Anwendung zelltherapeutischer Anwendungen stellt sich die Frage nach der Kostenübernahme durch die gesetzlichen Krankenkassen und der Bezahlbarkeit von individuellen Gesundheitsleistungen. Das Problemfeld steht für eine mögliche Entwicklung, bei der Therapien als Teil einer kostenintensiven „Spitzenmedizin" nur einer Minderheit zur Verfügung stehen (Zweiklassenmedizin). Diese Fragen der *Verteilungsgerechtigkeit* werden im Bereich der Gentherapie diskutiert.	
Kommerzialisierung	Der *ökonomischen Verwertbarkeit* von Forschungsergebnissen wird ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Dabei ist das wirtschaftliche Potenzial von Gentechnologien derzeit noch schwer quantifizierbar (z. B. ist schwer abschätzbar, welche *ökonomischen Gewinne/ Arbeitsplätze* welchen ökonomischen Risiken gegenüberstehen). Dieses Problemfeld beschreibt daher, welche Teilbereiche der Gentechnologien (etwa der Stammzellforschung) anwendungs- und produktnah sind bzw. wo Divergenzen zwischen angekündigter und realer Umsetzung existieren. Das Problemfeld umfasst verschiedene Aspekte der Kommerzialisierung insbesondere im Hinblick auf privat und öffentlich finanzierte Forschung. Im Kontrast zur öffentlichen Forschung werden z. B. im Kontext der Stammzellforschung die leichtere Bezahlbarkeit von Studien für die Privatindustrie thematisiert, die Notwendigkeit, auch hier Qualitätsanforderungen und Regulierungen zu etablieren, oder (wie bspw. im Kontext von Stammzellen aus Nabelschnurblut) die „Gefahr", aus Therapieversprechen Gewinn zu schöpfen. Auch die Kostenentwicklung im Gesundheitswesen wird dabei vom Problemfeld erfasst. Diese wird insbesondere etwa im Bereich der Gendiagnostik thematisiert, zusammen mit Angebotsstrukturen genetischer Tests. Weil Wissenschaft zunehmend anwendungsorientiert ist, sind ihre Auswirkungen auf die Gesellschaft besonders weitreichend. Die Kommerzialisierung wissenschaftlicher Ergebnisse sowie der *Erfolgsdruck zur Verwertung* von Forschungsergebnissen könnten z. B. zu einem zu frühen Einstieg in die klinische Forschung oder Therapie führen, etwa im Bereich der Gentherapie. Es besteht das Risiko, dass hoch gesteckte Erwartungen und Versprechungen nicht eingehalten werden.	**Beitrag:** **Stock (Kap. 3)**

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Kommerzialisierung	Im Bereich der grünen Gentechnologie werden im Zusammenhang mit einer Kommerzialisierung auch bestehende Marktstrukturen (etwa Monopolbildungen) thematisiert. Insbesondere im Kontext der synthetischen Biologie, aber auch bei anderen Themen, wird über die Möglichkeit der freien Zugänglichkeit (Open Access) zu Daten, Publikationen oder Forschungsobjekten diskutiert. Außerdem wird im Problemfeld reflektiert, dass möglicherweise Forschungsergebnisse nicht oder zu spät kommerzialisiert werden. Ohne die Anwendung von Forschungsergebnissen würde das ökonomische Potenzial der Forschung verspielt (dieser Aspekt wurde unter dem Stichwort *„Elfenbeinturm Wissenschaft" gefasst*).	
Patentierung wissenschaftlicher Ergebnisse	Patente sind in anwendungsnahen Bereichen ein Ausdruck innovativen Forschungsgeschehens. Sie stellen in besonderem Maß eine Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft dar, die durchaus nicht spannungsfrei ist. Bei Biopatenten, die Organismen oder Teile von ihnen wie einzelne Gene oder Zellen betreffen, stellt sich z. B. die Frage, inwiefern und in welcher Form „Leben" zur Ware werden kann und darf, was auch unter dem Begriff *„Patente auf Leben"* diskutiert wird. Mögliche Verbote hätten u. U. negative Auswirkungen auf Forschung und Entwicklung anwendungsbezogener Technologien im Bereich der regenerativen Therapien, der Wirkstoffforschung und der Pharmako-Toxikologie. Dieses Problemfeld ist für alle der behandelten Themen relevant. Im Bereich der grünen Gentechnologie wird auch eine Monopolbildung sowie der Missbrauch einer solchen thematisiert.	
Qualitätssicherung/ Arztvorbehalt	Das Problemfeld umfasst den Themenkomplex der Standardisierung, Einhaltung von Richtlinien und der Gewährleistung der Qualität, etwa bei therapeutischen Anwendungen im Bereich der Stammzellforschung und Gentherapie oder aber auch bei gendiagnostischen Angeboten von Firmen an Privatpersonen, die von Ärzten und Ärztinnen begleitet werden sollten.	
Utopie der Lösung globaler Probleme	Seit Beginn der Gentechnologie kursieren visionäre Vorstellungen bezüglich zukünftiger Potenziale insbesondere der synthetischen Biologie sowie der grünen Gentechnologie, die versprechen, globale Problemlagen wie z. B. Nahrungsmittelknappheit bzw. Welthunger lösen zu können (*Ernährungssicherung*).	**Beitrag: Gen-ethisches Netzwerk (Spotlight 1)**

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Problemfeld	These	Indikatoren / Beiträge
Nachsorge-prinzip	Das Problemfeld thematisiert (etwa im Bereich der Stammzellforschung), dass aufwendige therapeutische Verfahren gegenüber prophylaktischen bevorzugt werden könnten. Die Folge wären möglicherweise höhere Gesundheitskosten für den Einzelnen wie auch für die Gesellschaft insgesamt. Dieser Punkt berührte z. B. bis 2009 auch den Konflikt einer „Apparatemedizin" gegenüber der „ganzheitlichen" Medizin.	

Die in der rechten Spalte aufgelisteten Indikatoren werden im folgenden Kapitel anhand detaillierter Datenblätter und Grafiken vorgestellt.

11.4 Literatur

Diekämper, J./Hümpel, A. (2012): Synthetische Biologie in Deutschland. Eine methodische Einführung. In: Köchy, K./Hümpel, A. (Hrsg.): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie. Forum W, Dornburg: 51–60.

Diekämper, J./Hümpel, A. (2015): Einleitung: Gentechnologien in Deutschland im Langzeit-Monitoring. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos, Baden-Baden: 13–23.

Domasch, S./Boysen, M. (2007): Problemfelder im Spannungsfeld der Gendiagnostik. In: Schmidtke, J. et al. (2007): Gendiagnostik in Deutschland. Forum W, Dornburg: 179–188.

Fehse, B./Domasch, S. (Hrsg.) (2011): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Forum W, Dornburg.

Hucho, F. et al. (Hrsg.) (2005): Gentechnologiebericht: Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Spektrum, München.

Hucho, F. et al. (Hrsg.) (2008): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Forum W, Dornburg.

Köchy, K./Hümpel, A. (Hrsg.) (2012): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Forum W, Dornburg.

Könninger, S./Marx-Stölting, L. (2018): Problemfelder und Indikatoren zur Stammzellforschung. In: Zenke, M. et. al. (Hrsg): Stammzellforschung. Aktuelle wissenschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Nomos, Baden-Baden: 53–68.

Marx-Stölting, L. (2017): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Walter, J./Hümpel, A. (Hrsg.): Epigenetik. Implikationen für die Lebens- und Geisteswissenschaften. Nomos, Baden-Baden: 197–218.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2007): Grüne Gentechnologie. Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft und Wirtschaft. 1. Aufl. Spektrum, München.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2007): Grüne Gentechnologie. Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft und Wirtschaft. 2. Aufl. Forum W, Limburg. (Problemfeldgrafik identisch zur 1. Auflage).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2009): Zweiter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Forum W, Dornburg.
Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2015): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos, Baden-Baden.
Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. 3. neubearb. u. ergänzte Aufl. Forum W, Dornburg.

Schmidtke, J. et al. (Hrsg.) (2007): Gendiagnostik in Deutschland. Status quo und Problemerkundung. Supplement zum Gentechnologiebericht. Forum W, Limburg.

Walter, J./Hümpel, A. (Hrsg.) (2017): Epigenetik. Implikationen für die Lebenswissenschaften. Nomos, Baden-Baden.
Wobus, A. et al. (Hrsg.) (2006): Stammzellforschung und Zelltherapie. Stand des Wissens und der Rahmenbedingungen in Deutschland. Supplement zum Gentechnologiebericht. Spektrum, München.

Zenke, M. et al. (Hrsg.) (2018): Stammzellforschung. Aktuelle wissenschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Nomos, Baden-Baden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Lilian Marx-Stölting, Sabine Könninger, Yaroslav Koshelev und Alina Chlebowska

12. Ausgewählte Indikatoren zu den unterschiedlichen Gentechnologien

12.1 Einführung

Ziel der Problemfeld- und Indikatorenanalyse ist es, das komplexe Feld der Gentechnologien aufzuschließen und in einer messbaren und zugänglichen Form für die interessierte Öffentlichkeit auszuleuchten (Diekämper/Hümpel, 2015: 16 ff. und 2012: 51–60). Auf Basis einer qualitativen Erhebung (Problemfeldanalyse, siehe Kap. 11) werden hierzu quantitative Daten (Indikatoren) zusammengetragen, die gemeinsam eine Einschätzung aktueller Entwicklungen ermöglichen sollen. Für den vorliegenden vierten Gentechnologiebericht wurden mit Blick auf die Bilanzierung bei der Problemfeldanalyse Änderungen vorgenommen: So entstand eine Zusammenschau aller Problemfelder in der öffentlichen Wahrnehmung der Gentechnologien. Auch die Indikatorenanalyse wurde modifiziert: Indikatoren wurden erstmalig parallel für alle sechs von der IAG beobachteten Themenfelder (Gentherapie, grüne Gentechnologie, Gendiagnostik, Stammzellforschung, Epigenetik, synthetische Biologie) zeitgleich und mit derselben Methodik erhoben. Dies ermöglicht sowohl eine nach Themen gegliederte Betrachtung, als auch einen relativen Vergleich der Themenfelder untereinander (siehe unten). Bevor hierauf eingegangen wird, soll zuerst die Indikatorenanalyse vorgestellt und auch die Grenzen oder Hürden, die solch eine Analyse mit sich bringt, thematisiert werden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

12.2 Die Indikatorenanalyse

Die Erhebung, Präsentation und Interpretation von Indikatoren verfolgt die IAG *Gentechnologiebericht* von Beginn an als eine zentrale Aufgabe (siehe hierzu auch Kap. 11).[1] Die Indikatoren ermöglichen als statistische Kenngrößen eine quantitative Beschreibung gesellschaftlich relevanter Themen (sog. Problemfelder), die sich sonst nicht direkt messen lassen. Im Idealfall sind sie über die Jahre fortschreibbar und bilden so langfristige Entwicklungen ab, etwa indem Zeitreihen erstellt werden können. Die Auswahl von Indikatoren basiert auf der Verfügbarkeit beziehungsweise Zugänglichkeit von verlässlichen Daten, der Möglichkeit zur Fortschreibung sowie auf der Vergleichbarkeit zwischen den Themenfeldern. Die Daten für die Indikatoren erhebt die IAG nicht selbst, sondern bezieht sie mehrheitlich aus öffentlich zugänglichen Datenbanken – sie standen und stehen also auch der Öffentlichkeit für die Informationssuche zur Verfügung (Diekämper/Hümpel, 2015: 20). Anhand der in den Indikatorenblättern beschriebenen Methodik wird die Erhebung der Daten nachvollziehbar (siehe Kap. 12.2). Die IAG trägt die Daten zusammen, erstellt daraus Grafiken und präsentiert sie in ihren Berichten, sodass sie in den öffentlichen Diskurs eingespeist werden können. Zu berücksichtigen ist, dass die Problemfelder, abhängig von der jeweiligen zugrunde liegenden inhaltlichen Beschreibung, unterschiedlich mit Indikatoren gefüllt werden können. Außerdem sind nicht für alle denkbaren Indikatoren eines Problemfeldes tatsächlich auch belastbare und transparente Daten zugänglich. Es sind also nicht für alle Problemfelder Indikatoren erhebbar oder die Anzahl der Indikatoren ist entsprechend reduziert. Da die IAG primär auf externe Daten zurückgreift, kann darüber hinaus nicht Einfluss auf Modus und Intervall ihrer Erhebung genommen werden – mit entsprechenden Konsequenzen für die Fortschreibung, die häufig nicht oder nur begrenzt möglich war. Für Problemfelder, die nicht oder nur teilweise mit Indikatoren ausgeleuchtet werden können, wurde Bedarf an qualitativen Analysen geäußert. Dies spiegelt sich in den inhaltlichen Beiträgen zu den Themenfeldern und Gentechnologieberichten. Auch im vorliegenden vierten Gentechnologiebericht werden zahlreiche mit den Gentechnologien verbundene Themen nicht mit Indikatoren, sondern mit Textbeiträgen beleuchtet (siehe Kap. 1 bis 10).

Für diesen Gentechnologiebericht wurden nun erstmalig Indikatoren präsentiert, die für alle sechs Kernthemen der IAG erhebbar waren, um so einen bilanzierenden

1 Da es sich bei der Problemfeld- und Indikatorenanalyse um eine zentrale Methode der IAG handelt, wurden diese Überlegungen zu Indikatoren bereits in vorherigen Veröffentlichungen der IAG beschrieben (für eine Liste aller Publikationen der IAG siehe Anhang, Kap. 14.4; für eine ausführliche Beschreibung der Methode siehe Diekämper/Hümpel, 2015: 13–20). Die IAG dankt allen Autoren und Autorinnen, die über die Zeit an der (Weiter-)Entwicklung des Ansatzes mitgewirkt haben.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Vergleich zwischen den unterschiedlichen Gentechnologien zu ermöglichen. Für manche Themenfelder war hierfür eine Fortschreibung, das heißt Aktualisierung, bereits früher zusammengestellter Indikatoren möglich, für andere mussten die Zahlen für den Berichtzeitraum 2001–2017 komplett neu recherchiert werden. Die Zuordnung der Indikatoren zu den Problemfeldern erfolgt in Kapitel 11 in Tabelle 1.

Mittels standardisierter Datenblätter werden die folgenden Indikatoren vorgestellt:

Realisierung Forschungsziele

- Anzahl internationaler Fachartikel zu den Themenfeldern der IAG (4B-04)
- Förderung durch den Bund zu den Themenfeldern der IAG (4B-05)
- Fördermaßnahmen der DFG zu den Themenfeldern der IAG (4B-07)
- EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung zu den Themenfeldern der IAG (4B-08)

Forschungsstandort Deutschland

- Anzahl internationaler Fachartikel zu den Themenfeldern der IAG (4B-04)
- Förderung durch den Bund zu den Themenfeldern der IAG (4B-05)
- Fördermaßnahmen der DFG zu den Themenfeldern der IAG (4B-07)
- EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung zu den Themenfeldern der IAG (4B-08)

Öffentliche Wahrnehmung

- Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01)
- Neuerscheinungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-02)
- Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03)
- Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06)

Soziale Implikationen

- Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01)
- Neuerscheinungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-02)
- Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06)
- Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03)

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Gesundheitliche Risiken

- Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01)
- Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03)

Dialogverpflichtung der Forschung

- Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06)

Ethische Implikationen

- Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01)
- Neuerscheinungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-02)
- Online-Suchanafragen zu den Themen der IAG (4B-03)
- Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06)

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

12.3 Daten zu den Problemfeldern

Laufende Nr.: **4B-01**

Problemfeld: **Öffentliche Wahrnehmung + Soziale Implikationen + Gesundheitliche Risiken + Ethische Implikationen**

INDIKATOR: MEDIALE ABBILDUNG DER THEMENFELDER DER IAG

DATENQUELLE:

Frankfurter Allgemeine Zeitung. Unter: www.faz.net
Süddeutsche Zeitung. Unter: www.sueddeutsche.de
Die Zeit. Unter: www.zeit.de
Der Spiegel. Unter: www.spiegel.de
Zugriff (alle): April–Juni 2018, Stand: k. A.

VERFÜGBARKEIT DER DATEN:

Mehrheitlich öffentlich.
Die Recherche in den Online-Archiven der ausgewählten deutschen Zeitungen und Zeitschriften ist überwiegend, jedoch nicht ausschließlich, kostenfrei und ohne Anmeldung zugänglich. Beiträge zu den ausgewählten Suchbegriffen können tagesaktuell recherchiert werden. Einige Presseartikel können nur kostenpflichtig oder über einen Bibliotheks- oder Universitätszugang abgerufen werden.

ABGRENZUNG DER BERECHNUNGSGRÖSSEN:

Für die Recherche relevanter Print- und Online-Artikel wurden folgende Stichwörter im Volltext ab 2001 (Beginn der IAG *Gentechnologiebericht*) überregional gesucht: „Epigen*", „Gendiagnost*", „Stammzell*", „Gentherap*", „Grüne Gentechn*", „Synth* Biol*". Mit anderen Begriffen („Epigenetik", „Gendiagnostik", „Stammzellforschung", „Gentherapie", „Grüne Gentechnik" und „Synthetische Biologie") wurde nur bei Die Zeit gesucht, da dort eine trunkierte Suche nicht möglich ist. In anderen Medien erschienene Beiträge wurden nicht berücksichtigt. Es wurde keine weiterführende qualitative Filterung der Suchergebnisse vorgenommen. Regionale Ausgaben und Sonderhefte wurden nicht erfasst.

GLIEDERUNG DER DARSTELLUNG:

a) Veröffentlichte Printartikel (2001–2017)
b) Veröffentlichte Online-Artikel (2001–2017)

BERECHNUNGSHÄUFIGKEIT:

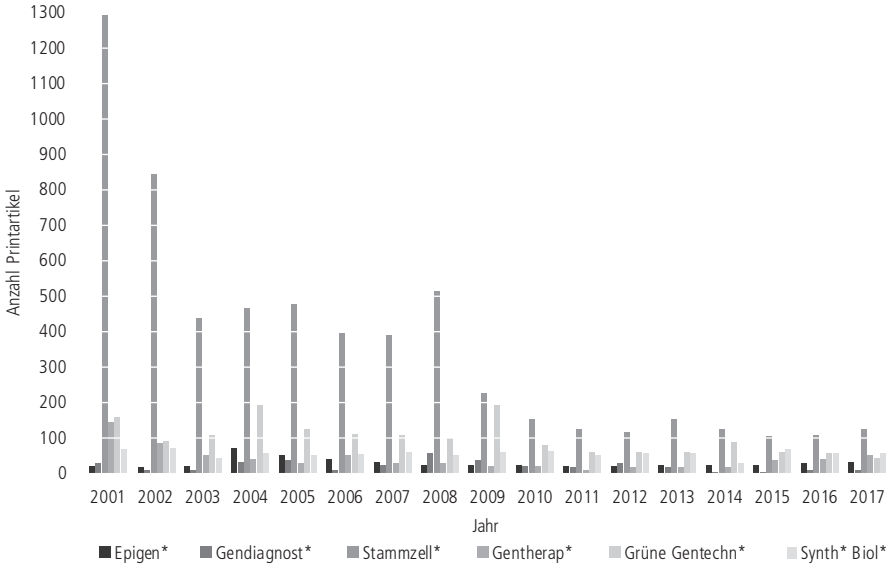
Jährlich.

AUSSAGEFÄHIGKEIT:

Der Indikator dokumentiert die Dichte der öffentlichen Berichterstattung zu den gesuchten Stichwörtern in ausgewählten überregionalen Printmedien und deren Online-Angeboten innerhalb des dargestellten Zeitraums. Die Medien erreichen – das dokumentieren die Auflagenzahlen – eine Vielzahl an Menschen in ganz Deutschland, die sich auf diesem Weg über die Themenbereiche informieren können. Da die Suchbegriffe die Themenbereiche unterschiedlich gut abdecken, ist der direkte Vergleich der Themen untereinander nur begrenzt aussagekräftig.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

a) Abbildung 1: Veröffentlichte Printartikel (2001–2017)

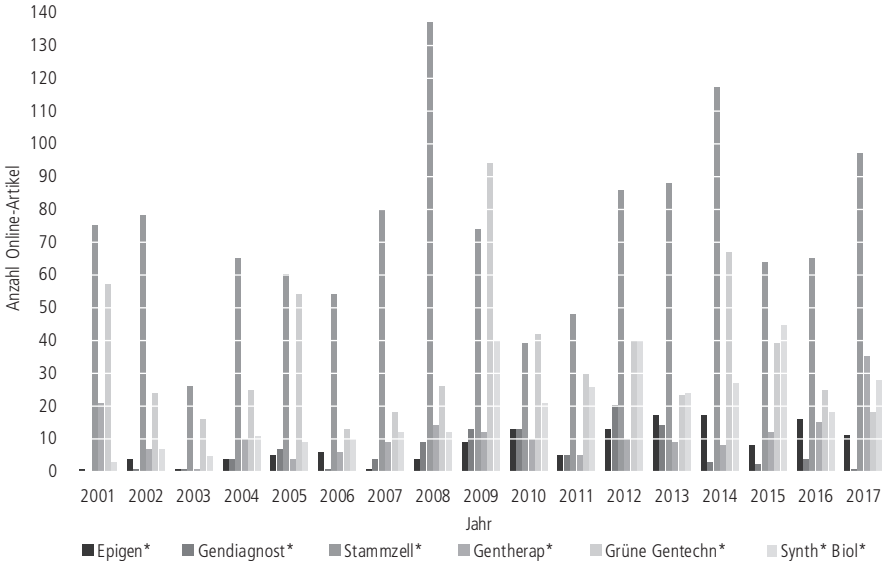


Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-01

	Epigen*	Gendiagnost*	Stammzell*	Gentherap*	Grüne Gentechn*	Synth* Biol*
2001	19	27	1291	142	160	69
2002	14	7	845	83	90	75
2003	18	7	438	51	106	47
2004	72	32	466	39	189	57
2005	53	36	478	28	123	55
2006	41	6	396	50	112	54
2007	30	23	389	27	106	60
2008	23	54	512	27	99	55
2009	25	34	226	20	190	61
2010	25	18	150	18	81	65
2011	21	17	125	8	60	53
2012	20	29	114	16	60	59
2013	23	17	152	15	60	57
2014	22	5	122	14	86	28
2015	24	4	105	35	61	71
2016	29	8	108	39	57	58
2017	33	8	125	51	42	56
Summe	492	332	6042	663	1682	980

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

b) Abbildung 2: Veröffentlichte Online-Artikel (2001–2017)



Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-01

	Epigen*	Gendiagnost*	Stammzell*	Gentherap*	Grüne Gentechn*	Synth* Biol*
2001	1	0	75	21	57	3
2002	4	1	78	7	24	7
2003	1	1	26	1	16	5
2004	4	4	65	10	25	11
2005	5	7	60	4	54	9
2006	6	1	54	6	13	10
2007	1	4	80	9	18	12
2008	4	9	137	14	26	12
2009	9	13	74	12	94	40
2010	13	13	39	10	42	21
2011	5	5	48	5	30	26
2012	13	20	86	10	40	40
2013	17	14	88	9	23	24
2014	17	3	117	8	67	27
2015	8	2	64	12	39	45
2016	16	4	65	15	25	18
2017	11	1	97	35	18	28
Summe	135	102	1253	188	611	338

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Laufende Nr.: 4B-02
Problemfeld: Öffentliche Wahrnehmung + Soziale Implikationen

INDIKATOR: NEUERSCHEINUNGEN ZU DEN THEMENFELDERN DER IAG

DATENQUELLE:

Online-Katalog der Deutschen Nationalbibliothek. Unter: https://portal.dnb.de
Zugriff: Juni 2018, Stand: 29.05.2018

VERFÜGBARKEIT DER DATEN:

Öffentlich.
Die Nationalbibliothek (DNB) ist eine bundesunmittelbare Anstalt des öffentlichen Rechts. Ihre Aufgabe ist die Archivierung und bibliografische Erfassung in Deutschland veröffentlichter Medienwerke (Monografien, Zeitungen, Zeitschriften, Loseblattwerke, Karten, Musikalien, Tonträger, elektronische Publikationen). Darüber hinaus werden auch im Ausland veröffentlichte deutschsprachige Medienwerke, im Ausland veröffentlichte Übersetzungen deutschsprachiger Medienwerke, fremdsprachige Medienwerke über Deutschland sowie Exilpublikationen deutschsprachiger Emigranten und Emigrantinnen zwischen 1933 und 1950 erfasst. Seit 2006 werden zusätzlich Online-Publikationen systematisch berücksichtigt. Der Katalog der DNB erlaubt eine kostenlose Recherche innerhalb der umfassenden Bibliotheksbestände seit 1913. Nach Anbieterangaben werden eingegangene Publikationen mit einer Bearbeitungszeit von ca. einem Monat in den Katalog und in die Deutsche Nationalbibliografie aufgenommen.

ABGRENZUNG DER BERECHNUNGSGRÖSSEN:

Für die Recherche relevanter Titel wurden die Suchbegriffe „Epigen*", „Gendiagnost*", „Stammzell*", „Gentherap*", „Grüne Gentechn*" und „Synth* Biol*" im Modus „Expertensuche" im gesamten Bestand des DNB-Katalogs ab 2001 (Beginn der IAG *Gentechnologiebericht*) gesucht. Da es sich um eine Suche nach einem speziellen Begriff handelt, wurde die über die Titelfelder hinausgehende Suchfunktion (Index=woe) verwendet. Im Bestand vermerkte Hochschulschriften wurden explizit ausgenommen, da sie für den ‚interessierten Laien' nur schwer zugänglich sind. Generell ausgeschlossen wurden Periodika sowie Normdaten für einzelne Personen, Organisationen, Veranstaltungen, Geografika, Sachbegriffe und Werktitel, die im Katalog der DNB geführt werden. Doppelnennungen (physische und durch Online-Publikationen) sowieso englischsprachige Medien wurden händisch aussortiert. Es wurde keine weiterführende qualitative Filterung der Suchergebnisse vorgenommen.

GLIEDERUNG DER DARSTELLUNG:

a) Anzahl an Neuerscheinungen (2001–2017)
b) Summe der Neuerscheinungen (2001–2017)

BERECHNUNGSHÄUFIGKEIT:

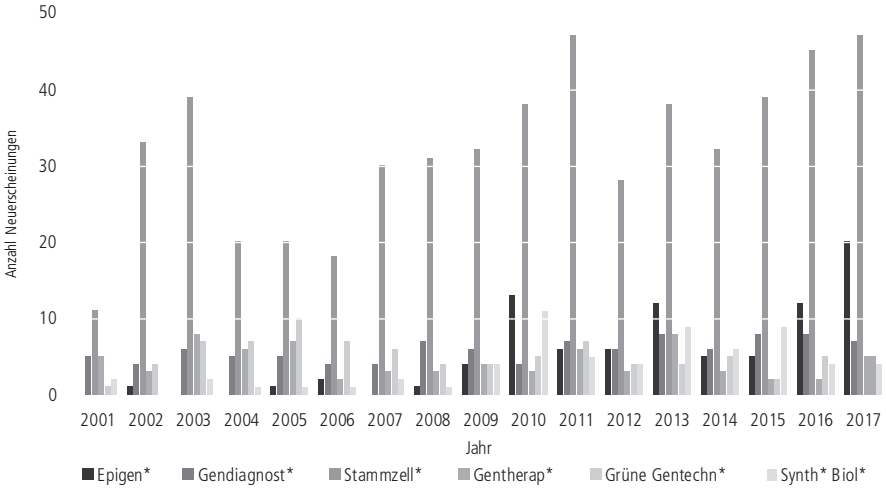
Jährlich.

AUSSAGEFÄHIGKEIT:

Der Indikator dokumentiert die publizistische Dichte für die verschiedenen Themenbereiche. Er zählt diejenigen Materialien, die auch der interessierten Öffentlichkeit frei zur Verfügung stehen. Über die (etwa in Fachjournalen geführte) wissenschaftsinterne Aushandlung liefert er keine Aussage. Da die Suchbegriffe die Themenbereiche unterschiedlich gut abdecken, ist der direkte Vergleich der Themen untereinander nur begrenzt aussagekräftig.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

a) Abbildung 3: Anzahl an Neuerscheinungen (2001–2017)

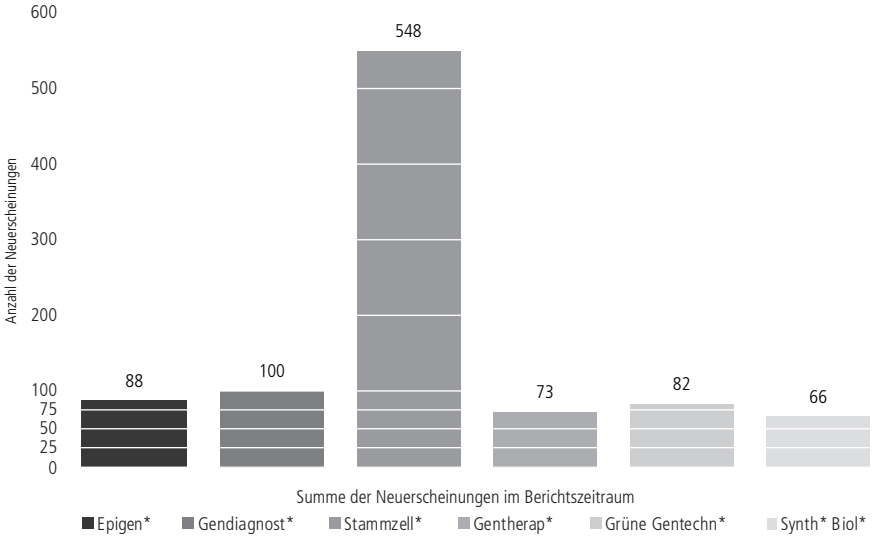


Erfassung der im DNB-Katalog verzeichneten Titel bis zum Stichtag am 29.05.2018. Erweiterter Recherchemodus; Unterschiede zu früheren Veröffentlichungen möglich.
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-02.

	Epigen*	Gendiagnost*	Stammzell*	Gentherap*	Grüne Gentechn*	Synth* Biol*
2001	0	5	11	5	1	2
2002	1	4	33	3	4	0
2003	0	6	39	8	7	2
2004	0	5	20	6	7	1
2005	1	5	20	7	10	1
2006	2	4	18	2	7	1
2007	0	4	30	3	6	2
2008	1	7	31	3	4	1
2009	4	6	32	4	4	4
2010	13	4	38	3	5	11
2011	6	7	47	6	7	5
2012	6	6	28	3	4	4
2013	12	8	38	8	4	9
2014	5	6	32	3	5	6
2015	5	8	39	2	2	9
2016	12	8	45	2	5	4
2017	20	7	47	5	0	4
Summe	88	100	548	73	82	66

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

b) Abbildung 4: Summe der Neuerscheinungen (2001–2017)



Erfassung der im DNB-Katalog verzeichneten Titel bis zum Stichtag am 29.05.2018. Erweiterter Recherchemodus; Unterschiede zu früheren Veröffentlichungen möglich.
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-02.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Laufende Nr.: 4B-03
Problemfeld: Öffentliche Wahrnehmung + Gesundheitliche Risiken + Ethische Implikationen

INDIKATOR: ONLINE-SUCHANFRAGEN ZU DEN THEMENFELDERN DER IAG

DATENQUELLE:

Google Trends. Unter: https://www.google.com/trends/
Zugriff: Februar 2018, Stand: März 2017

VERFÜGBARKEIT DER DATEN:

Öffentlich.
Kostenloses Online-Analyse-Tool der Firma Google, das einen prozentualen Anteil der Sucheingaben in der Google-Websuche analysiert. Der verwendete Analysealgorithmus und absolute Zahlen zu den Suchanfragen sind nicht öffentlich zugänglich. Daten ab 2004 sind einsehbar und spiegeln die Nachfrage eines bestimmten Suchbegriffs in Relation zum gesamten Suchaufkommen in Google innerhalb einer ausgewählten Zeitspanne. Die Werte werden normiert von 0 bis 100 dargestellt, wobei 100 den Datenpunkt mit der höchsten relativen Nachfrage innerhalb der ausgewählten Zeitspanne kennzeichnet. Regionale Unterschiede im gesamten Suchaufkommen werden ebenfalls normalisiert, um Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Ländern zu ermöglichen. Nicht für alle Suchbegriffe liegen ausreichend Daten vor („Suchvolumen ist zu gering" = 0). Vorhandene Daten können bei Anmeldung mit einem Google-Konto als CSV-Datei exportiert werden. Es besteht die Möglichkeit, Suchergebnisse nach Regionen (Länder, Städte) und festgelegten Sachkategorien zu filtern. Zudem können mehrere Stichworte gleichzeitig abgefragt werden.

ABGRENZUNG DER BERECHNUNGSGRÖSSEN:

Für die Recherche wurden die Stichwörter „Grüne Gentechnologie", „Gentherapie", „Stammzellforschung", „Epigenetik", „Gendiagnostik" und „Synthetische Biologie" verwendet (Trunkierungen wie „Epigen*" sind nicht möglich). Es wurden die Daten für Deutschland im Zeitraum Januar 2004 bis Dezember 2017 gesucht; alle Kategorien wurden einbezogen. Die Angaben für die einzelnen Monate wurden händisch übernommen.

GLIEDERUNG DER DARSTELLUNG:

Relative Nachfrage nach den Stichwörtern in der Google-Websuche Deutschland (2004–2017) (Google Trends):
a) Epigenetik
b) Gendiagnostik
c) Stammzellforschung
d) Gentherapie
e) Grüne Gentechnologie
f) Synthetische Biologie

BERECHNUNGSHÄUFIGKEIT:

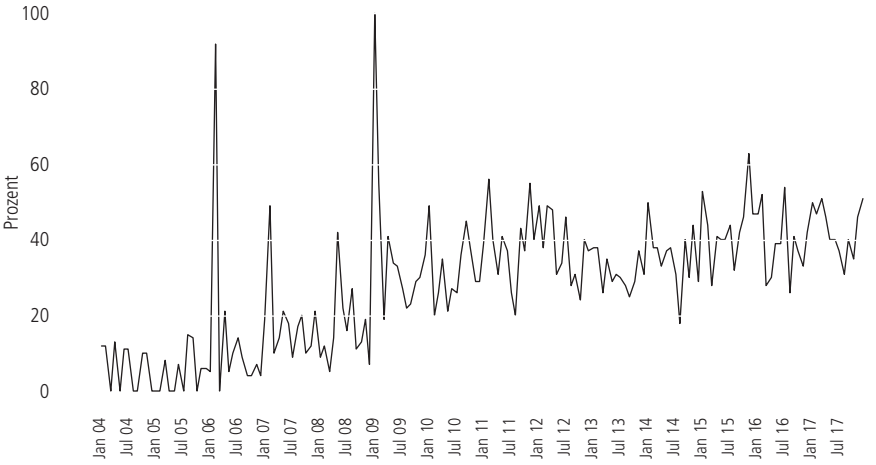
Monatlich.

AUSSAGEFÄHIGKEIT:

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die Mehrheit der Bevölkerung in Deutschland nutzt mittlerweile das Internet fast täglich für private Zwecke (85 % in 2015, www.destatis.de [22.03.2016]): u. a. für die Suche nach Informationen und zur Aneignung von Wissen. Zentral ist hierbei das Auffinden der Daten, eine erste Anlaufstelle sind meist Internet-Suchmaschinen; in Deutschland wird überwiegend Google genutzt (http://de.statista.com [22.03.2016]). Online-Suchanfragen werden daher als Indikator für das öffentliche Interesse für bestimmte Themen gewertet. Suchmaschinen-Daten werden entsprechend bereits wirtschaftlich und wissenschaftlich genutzt, z. B. für Marketingzwecke oder für epidemiologische Fragestellungen. Die in Google Trends abgebildete relative Nachfrage nach den Stichwörtern in der Google-Websuche dokumentiert das öffentliche Interesse an den Themenfeldern über die Jahre. Es ist dabei zu beachten, dass der Analysealgorithmus von Google Trends und etwaige Weiterentwicklungen nicht einsehbar sind. Auch sind keine absoluten Zahlen erhältlich. Ein Aufwärtstrend des relativen Suchvolumens bedeutet daher nicht unbedingt eine quantitative Zunahme der Suchanfragen zum jeweiligen Stichwort. Auch beruhen die Trend-Berechnungen nur auf Stichproben, was bei wenig nachgefragten Stichworten problematisch ist. Die mögliche Mehrdeutigkeit von Suchbegriffen ist ebenfalls zu berücksichtigen. Die hier verwendeten Stichwörter und der Filter auf Deutschland stellen allerdings einen eindeutigen Themenbezug sicher. Aus den Daten ist nicht direkt ersichtlich, aus welchem Anlass oder über welchen Aspekt des Themengebiets konkret Informationen gesucht wurden.

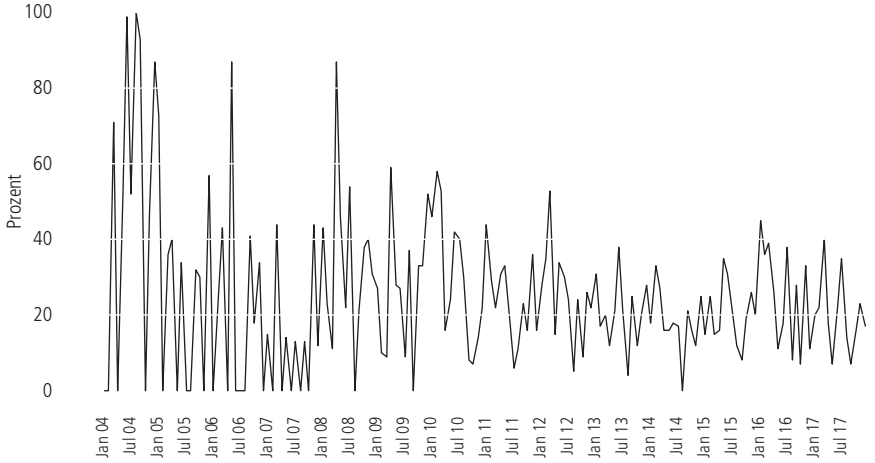
a) Abbildung 5: Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Epigenetik" in Google (2004–2017) (Google Trends)



Recherche am 14.02.2018
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-03.

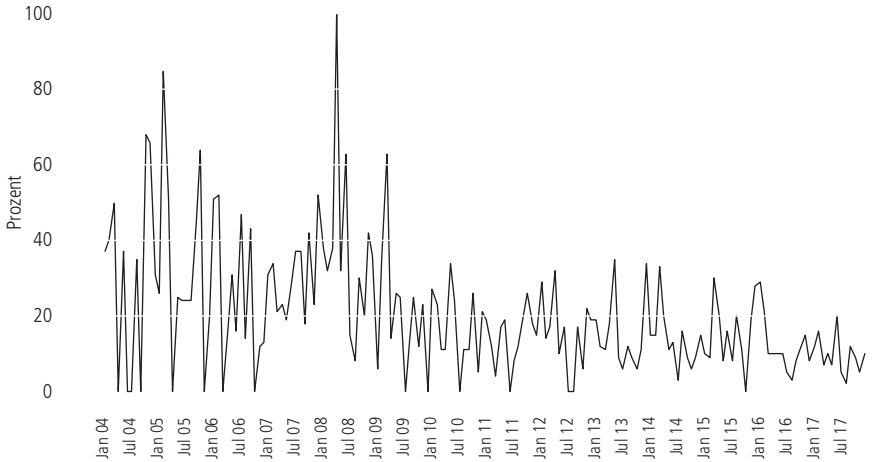
https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

b) Abbildung 6: Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Gendiagnostik" in Google (2004–2017) (Google Trends)



Recherche am 14.02.2018
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-03.

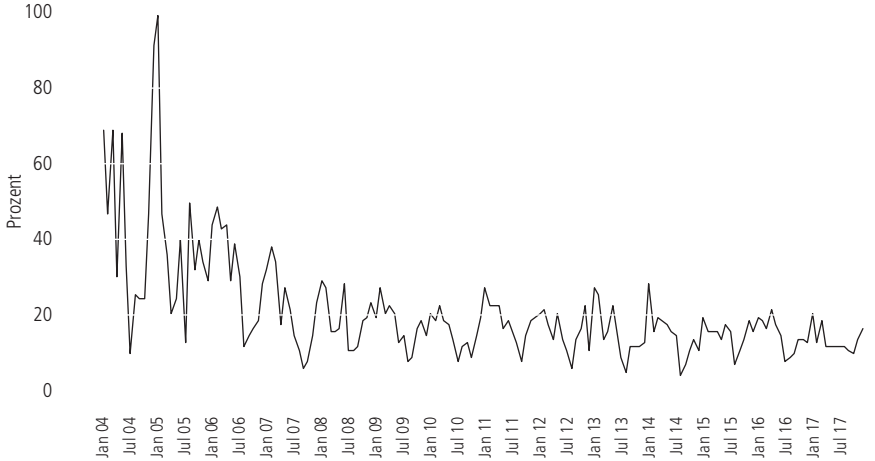
c) Abbildung 7: Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Stammzellforschung" in Google (2004–2017) (Google Trends)



Recherche am 14.02.2018
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-03.

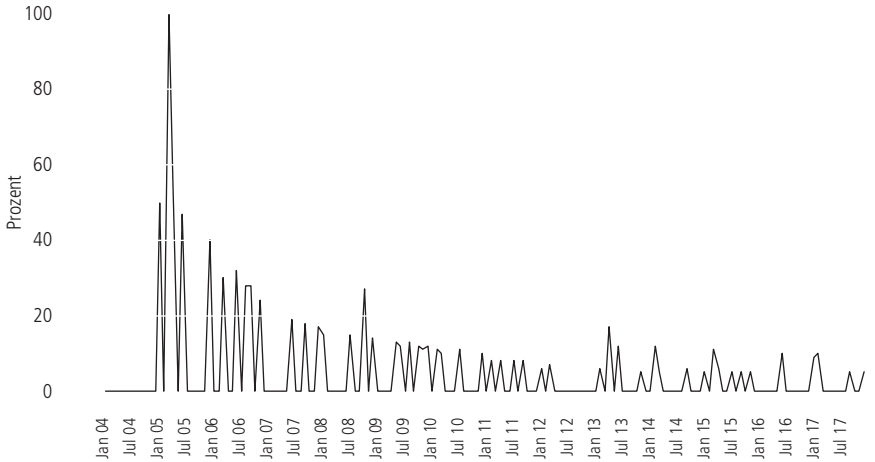
https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

d) Abbildung 8: Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Gentherapie" in Google (2004–2017) (Google Trends)



Recherche am 14.02.2018
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-03.

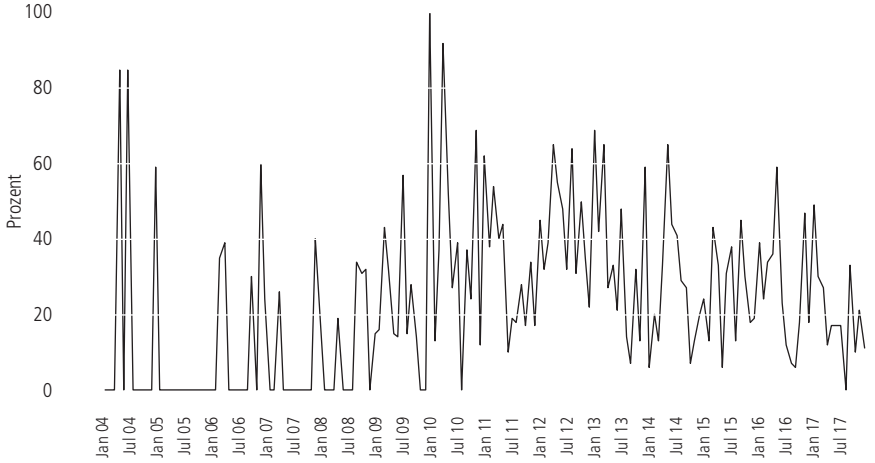
e) Abbildung 9: Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Grüne Gentechnologie" in Google (2004–2017) (Google Trends)



Recherche am 14.02.2018
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-03.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

f) Abbildung 10: Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Synthetische Biologie" (2004–2017) (Google Trends)



Recherche am 14.02.2018
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-03.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Laufende Nr.: 4B-04
Problemfeld: Realisierung Forschungsziele + Forschungsstandort Deutschland

INDIKATOR: ANZAHL INTERNATIONALER FACHARTIKEL ZU DEN THEMENFELDERN DER IAG

DATENQUELLE:

Scopus – Zitationsdatenbank. Unter: https://www.scopus.com/home.uri
Zugriff: Juni 2018, Stand: k. A.

VERFÜGBARKEIT DER DATEN:

Kostenpflichtige Datenbank.
Zugang über öffentliche Bibliotheken und andere Einrichtungen möglich, die eine Lizenz erworben haben. Scopus ist die größte Datenbank für Literatur, die in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet wurde. Dazu zählen überwiegend wissenschaftliche Journale, aber auch Bücher und Konferenzbeiträge. Sie umfasst mehr als 69 Millionen Einträge aus verschiedenen Disziplinen.

ABGRENZUNG DER BERECHNUNGSGRÖSSEN:

Für die Recherche wurden einschlägige Stichwörter („Epigen*", „Genetic diagnos*", „Stem cell*", „Gene* therap*", „Agr* biotechn*", „Synth* biolog*") mit einer Trunkierung verwendet. Analog zu früheren ähnlichen Indikatoren, die Publikationsaufkommen erfassen, wurde ausschließlich nach englischsprachigen Fachartikeln gesucht. Hierbei ausgeschlossen wurde die Suche in den Kategorien „Earth and Planetary Sciences" und „Energy". Zusätzlich wurden die Autorschaften aus Deutschland identifiziert. Die Daten sind hier ab 2001 (Beginn der IAG *Gentechnologiebericht*) dargestellt.

GLIEDERUNG DER DARSTELLUNG:

a) Internationale Fachartikel (2001–2017)
b) Summe der internationalen Fachartikel (2001–2017)
c) Internationale Fachartikel mit deutscher Autorschaft (2001–2017)
d) Summe der internationalen Fachartikel mit deutscher Autorschaft (2001–2017)

BERECHNUNGSHÄUFIGKEIT:

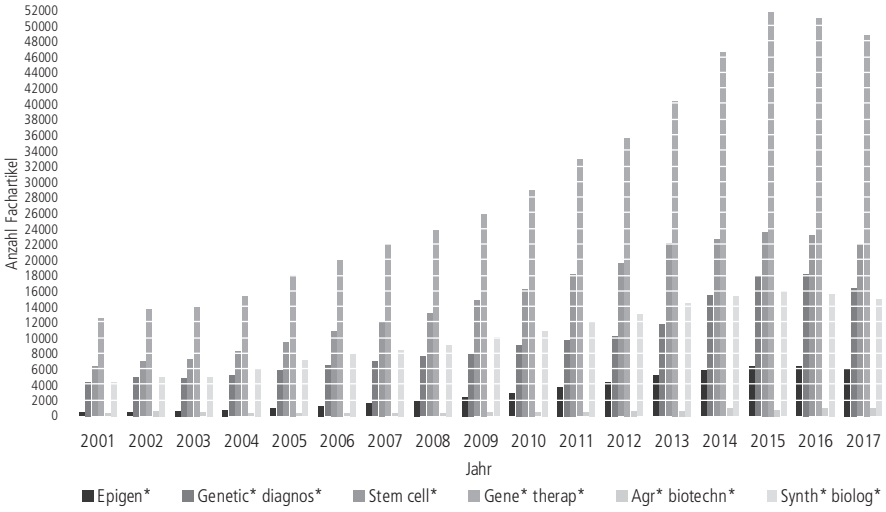
Jährlich.

AUSSAGEFÄHIGKEIT:

Der Indikator spiegelt die weltweiten Forschungsaktivitäten zu unterschiedlichen Themenbereichen wider. Anhand des Umfangs der publizierten Artikel kann beobachtet werden, wie intensiv ein Themenbereich über die Jahre beforscht wurde und welche Länder jeweils eine Vorrangstellung im „internationalen Forschungswettlauf" einnehmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass trotz des großen Umfangs der Datenbank keine vollständige Erfassung der Zitationen erwartet werden kann: Relevante Veröffentlichungen sind u. U. von vornherein nicht in der Datenbank enthalten oder nicht unter den verwendeten Schlagwörtern zu finden. Ebenfalls muss beachtet werden, dass eine Veröffentlichung eine gleichwertige Kollaboration von Autoren und Autorinnen unterschiedlicher Länder darstellen kann, wobei die Scopus-Datenbank zwar die Landeszugehörigkeit erfasst, aber nicht, in welcher Reihenfolge die Autoren und Autorinnen stehen und ob es sich um eine Erstautorschaft handelt.
Die Darstellung für 2017 ist möglicherweise unvollständig, da eventuell noch nicht alle Veröffentlichungen in die Datenbank aufgenommen sind. Da die gelisteten Artikel mehr als ein Suchstichwort enthalten können, sind Mehrfachzählungen von Artikeln in verschiedenen Themenbereichen möglich.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

a) Abbildung 11: Internationale Fachartikel (2001–2017)

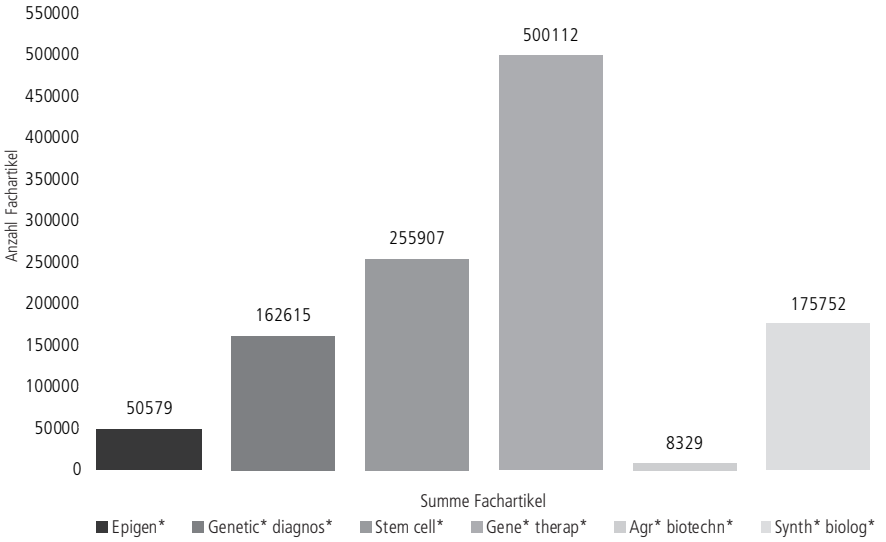


Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-04

	Epigen*	Genetic* diagnos*	Stem cell*	Gene* therap*	Agr* biotechn*	Synth* biolog*
2001	359	4401	6215	12541	256	4343
2002	440	4913	6915	13604	562	5122
2003	574	4894	7251	13891	496	5013
2004	710	5216	8281	15265	215	6104
2005	956	5789	9395	17950	250	7183
2006	1218	6408	10889	19944	273	7913
2007	1558	6961	12017	21842	306	8435
2008	1830	7627	13178	23773	330	9152
2009	2313	7975	14758	25796	370	10144
2010	2938	9077	16138	28876	408	10926
2011	3734	9712	18218	32866	455	12091
2012	4260	10242	19466	35638	508	13017
2013	5179	11587	22087	40314	516	14464
2014	5833	15473	22617	46544	850	15268
2015	6277	17834	23538	51619	787	15967
2016	6283	18114	23018	50883	860	15657
2017	6117	16392	21926	48766	887	14953
Summe	50579	162615	255907	500112	8329	175752

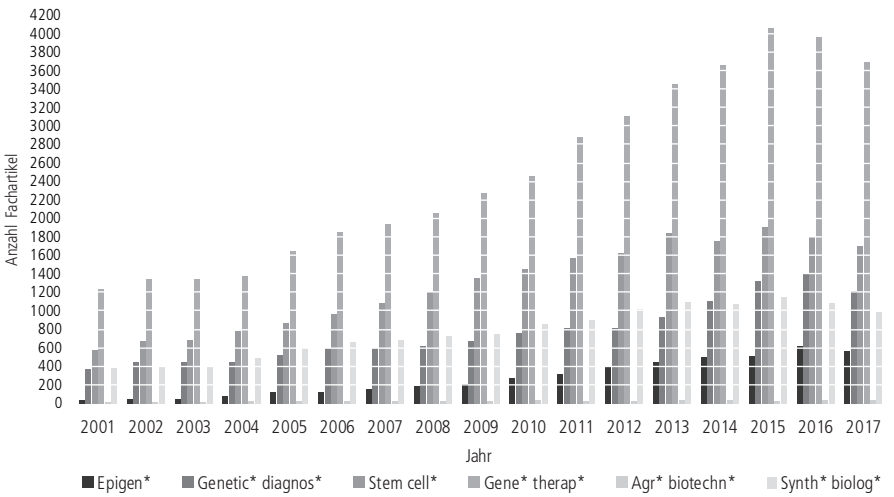
https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

b) Abbildung 12: Summe der internationalen Fachartikel (2001–2017)



Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-04

c) Abbildung 13: Internationale Fachartikel mit deutscher Autorschaft (2001–2017)

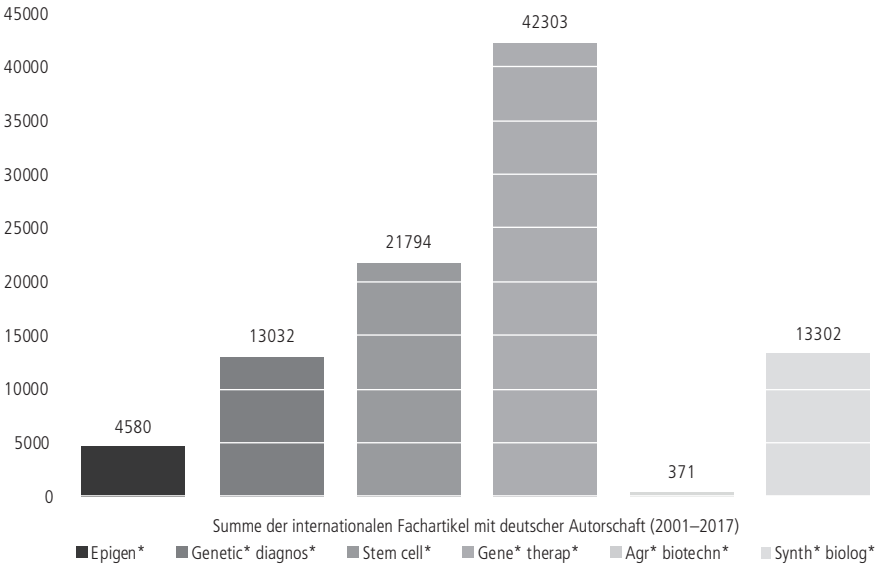


Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-04

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

	Epigen*	Genetic* diagnos*	Stem cell*	Gene* therap*	Agr* biotechn*	Synth* biolog*
2001	29	363	582	1236	12	381
2002	45	439	668	1346	12	415
2003	50	441	682	1339	13	398
2004	70	446	770	1373	14	495
2005	115	522	873	1647	17	600
2006	108	596	959	1842	16	667
2007	158	592	1075	1941	16	693
2008	178	611	1204	2063	23	722
2009	209	675	1351	2265	17	758
2010	273	758	1447	2451	28	864
2011	311	812	1573	2882	26	895
2012	395	813	1621	3104	26	1023
2013	449	934	1837	3449	30	1101
2014	498	1104	1760	3666	30	1074
2015	514	1315	1896	4051	23	1148
2016	613	1400	1795	3960	31	1081
2017	565	1211	1701	3688	37	987
Summe	4580	13032	21794	42303	371	13302

d) Abbildung 14: Summe der internationalen Fachartikel mit deutscher Autorschaft (2001–2017)



Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-04

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Laufende Nr.: 4B-05
Problemfeld: Forschungsstandort Deutschland + Realisierung Forschungsziele

INDIKATOR: FÖRDERUNG DURCH DEN BUND ZU DEN THEMENDFELDERN DER IAG

DATENQUELLE:

Datenbank Förderkatalog des Bundes. Unter: http://foerderportal.bund.de/foekat/
Zugriff: Juni 2018; Stand: k. A.

VERFÜGBARKEIT DER DATEN:

Öffentlich.
In der Datenbank Förderkatalog des Bundes werden der Öffentlichkeit Informationen zu abgeschlossenen und laufenden Forschungsvorhaben der Projektförderung durch den Bund bereitgestellt. Der Datenbestand insgesamt umfasst mehr als 110.000 Förderungen. Die Datenbank enthält Vorhaben folgender Bundesministerien: Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.

ABGRENZUNG DER BERECHNUNGSGRÖSSEN:

Die Daten stammen aus einer Datenbank-Recherche beim Förderkatalog des Bundes. In die Suchmasken eingegeben wurden in mehreren Schritten die Stichwörter: „%Epigen%", „%genet%" „%Diagnostik%", „%Stammzell%", „%Gentherap%", „%grüne% %Gentechn%", „%synthet% %Biol%" (die Prozentzeichen dienen dabei als Platzhalter und sind notwendig, um mit der Suchmaske Ergebnisse zu erhalten). Die Suche wurde auf alle Vorhaben angewendet.

GLIEDERUNG DER DARSTELLUNG:

a) Fördersummen durch den Bund (2001–2020)
b) Gesamtfördersumme durch den Bund (2001–2020)

BERECHNUNGSHÄUFIGKEIT:

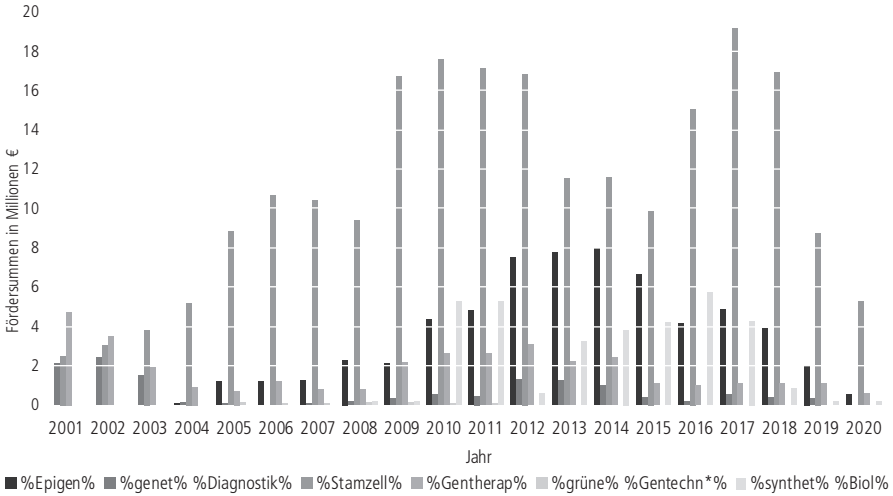
Jährlich.

AUSSAGEFÄHIGKEIT:

Der Indikator gibt Auskunft über die Höhe der Förderungen in den verschiedenen Bereichen der Gentechnologie durch den Bund. Die Datenbank Förderkatalog garantiert nach eigenen Angaben keine hundertprozentige Abdeckung aller in den genannten Ministerien bewilligten Zuwendungsfälle, da jedes Ressort eigenverantwortlich entscheidet, welche Zuwendungsbereiche in den Förderkatalog gestellt werden. Die Darstellung ab 2018 ist unvollständig, da in diesem Jahr noch Förderungen hinzu kommen können, die noch nicht in der Datenbank standen. Die ab 2018 gelisteten Dateneinträge ergeben sich aus längeren Laufzeiten von Projekten, die bis 2017 im Förderkatalog eingetragen wurden.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

a) Abbildung 15: Fördersummen durch den Bund (2001–2020)

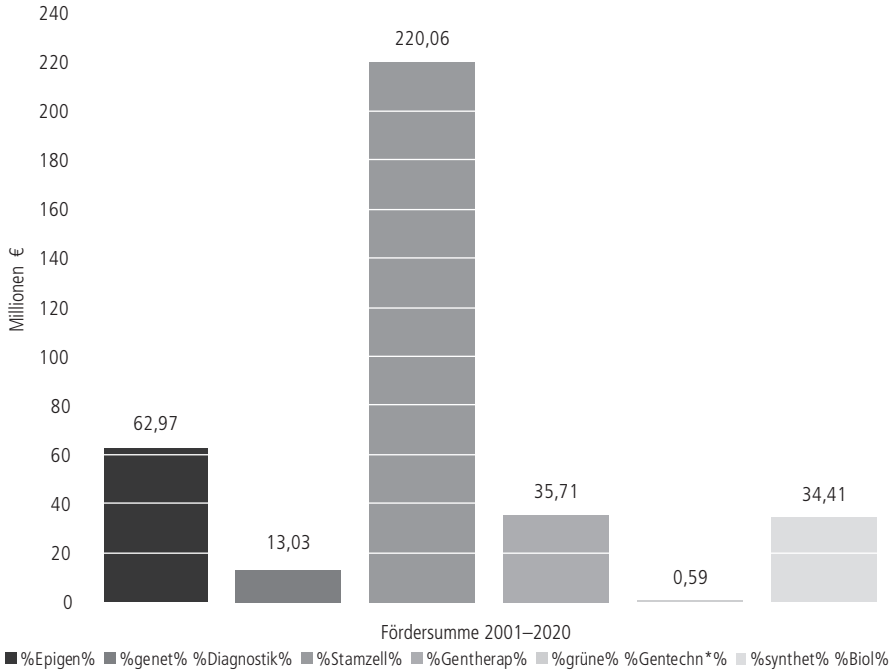


Die Daten ab 2018 sind unvollständig.
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-05.

	%Epigen%	%genet% %Diagnostik%	%Stammzell%	%Gentherap%	%grüne% %Gentechn%	%synthet% %Biol%
2001	0	2110259	2469550	4724752	0	0
2002	0	2430092	3005377	3459117	0	0
2003	0	1503209	3792815	1892095	0	0
2004	24555	98419	5197149	900006	0	0
2005	1205666	38056	8818690	700545	94955	0
2006	1205666	0	10663040	1199689	27640	0
2007	1292211	39622	10416610	813616	79247	0
2008	2322959	209524	9409961	813616	158016	215686
2009	2157186	346656	16706580	2146269	158016	215686
2010	4390277	540756	17551801	2627451	39793	5286389
2011	4841591	467144	17084097	2639329	39793	5286389
2012	7503038	1299245	16820447	3055286	0	635311
2013	7762906	1226448	11535233	2250835	0	3239817
2014	7969518	982860	11605568	2454673	0	3854183
2015	6697884	370338	9835654	1106586	0	4260131
2016	4204897	162290	15052074	956049	0	5739222
2017	4877679	502784	19133042	1131201	0	4285814
2018	3885392	364818	16925975	1131201	0	879105
2019	2061967	340494	8751576	1097130	0	256284
2020	570375	0	5291567	613491	0	256284
Summe	62973767	13033014	220066806	35712937	597460	34410301

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

b) Abbildung 16: Gesamtfördersumme durch den Bund (2001–2020)



Die Daten ab 2018 sind unvollständig.
Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-05.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Laufende Nr.: 4B-06

Problemfeld: Öffentliche Wahrnehmung + Soziale Implikationen + Dialogverpflichtung der Forschung + Ethische Implikationen

INDIKATOR: ÖFFENTLICHE VERANSTALTUNGEN ZU DEN THEMENFELDERN DER IAG

DATENQUELLE:

Informationsdienst Wissenschaft e. V. Unter: www.idw-online.de
Zugriff: Juni 2018, Stand: k. A.

VERFÜGBARKEIT DER DATEN:

Öffentlich.
Der Informationsdienst Wissenschaft e. V. (idw) betreibt ein öffentlich zugängliches Internetportal für Pressemitteilungen und Veranstaltungsankündigungen von mehreren Hundert angeschlossenen wissenschaftlichen Einrichtungen, Vereinen und Unternehmen.

ABGRENZUNG DER BERECHNUNGSGRÖSSEN:

Für die Recherche wurden im idw-Archiv Veranstaltungen zu den Suchbegriffen „Epigen*", „Gendiagnost*", „Stammzell*", „Gentherap*", „Grüne Gentechn*", „Synth* Biol*" recherchiert, die zwischen 2001 und 2017 stattgefunden haben. Die Trefferliste wurde anschließend händisch nach thematisch einschlägigen Veranstaltungen gefiltert, die sich gezielt an die Öffentlichkeit im Sinne interessierter Bürger/-innen, der Politik, Entscheidungsträger/-innen sowie an die Presse richteten. Geschlossene Fachtagungen oder englischsprachige Veranstaltungen wurden nicht aufgenommen. Mehrfache Ankündigungen einer Veranstaltung wurden zusammengefasst.

GLIEDERUNG DER DARSTELLUNG:

a) Anzahl an öffentlichen Veranstaltungen (2001–2017)
b) Summe der öffentlichen Veranstaltungen (2001–2017)

BERECHNUNGSHÄUFIGKEIT:

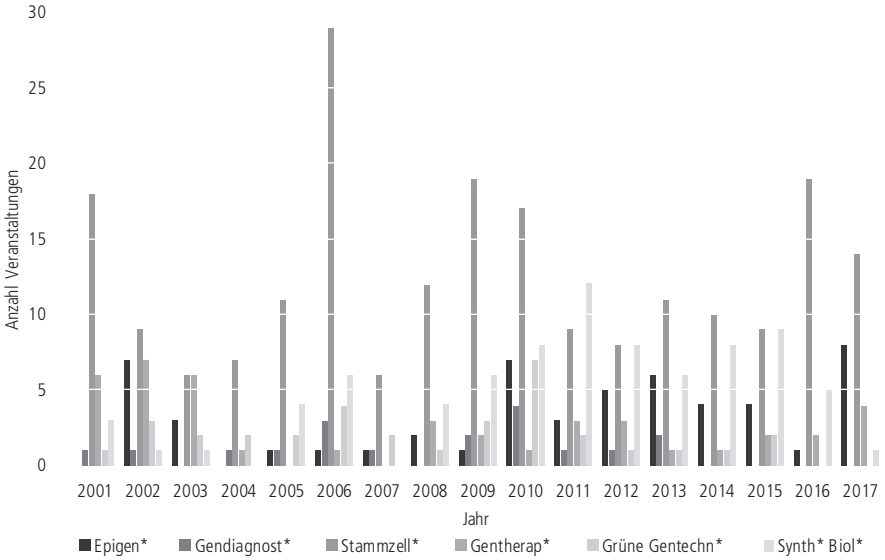
Jährlich.

AUSSAGEFÄHIGKEIT:

Öffentliche Veranstaltungen können als Indiz für die Kommunikationsbereitschaft der Forschungsgemeinschaft mit der Öffentlichkeit gesehen werden. Fachergebnisse der Öffentlichkeit allgemeinverständlich vorzustellen und mit ihr über die gesellschaftlichen Implikationen einer Gentechnologie zu diskutieren, stellt ein wichtiges Mittel der Wissenschaftskommunikation innerhalb der Gesellschaft dar. Neben der Wissenschaft werden weitere Interessengruppen aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft sichtbar, die in einem Bereich der Gentechnologien den Dialog mit der Öffentlichkeit suchen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

a) Abbildung 17: Anzahl an öffentlichen Veranstaltungen (2001–2017)

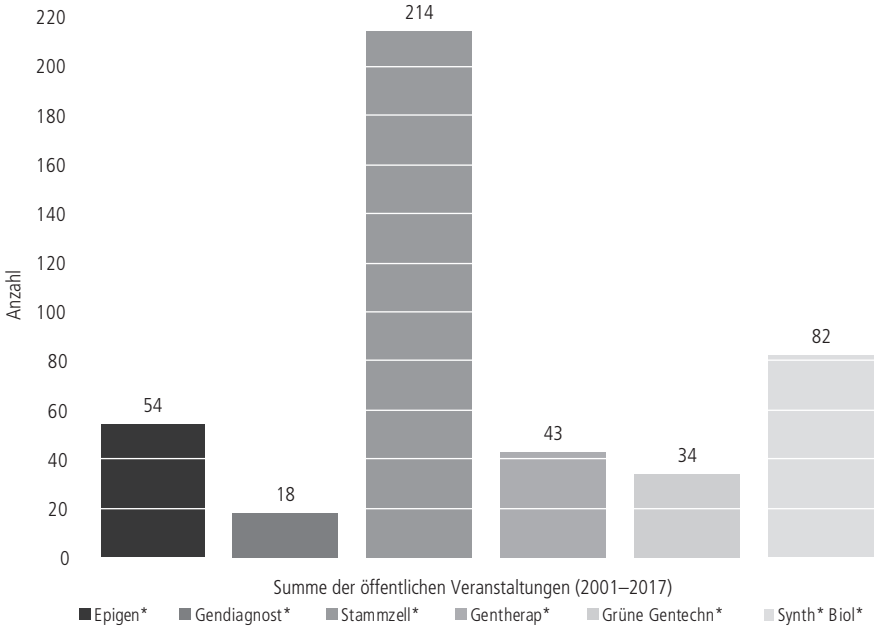


Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-06

	Epigen*	Gendiagnost*	Stammzell*	Gentherap*	Grüne Gentechn*	Synth* Biol*
2001	0	1	18	6	1	3
2002	7	1	9	7	3	1
2003	3	0	6	6	2	1
2004	0	1	7	1	2	0
2005	1	1	11	0	2	4
2006	1	3	29	1	4	6
2007	1	1	6	0	2	0
2008	2	0	12	3	1	4
2009	1	2	19	2	3	6
2010	7	4	17	1	7	8
2011	3	1	9	3	2	12
2012	5	1	8	3	1	8
2013	6	2	11	1	1	6
2014	4	0	10	1	1	8
2015	4	0	9	2	2	9
2016	1	0	19	2	0	5
2017	8	0	14	4	0	1
Summe	54	18	214	43	34	82

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

b) Abbildung 18: Summe der öffentlichen Veranstaltungen (2001–2017)



Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-06

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Laufende Nr.: 4B-07
Problemfeld: Forschungsstandort Deutschland + Realisierung Forschungsziele

INDIKATOR: FÖRDERMASSNAHMEN DER DFG ZU DEN THEMENFELDERN DER IAG

DATENQUELLE:

GEPRIS – Geförderte Projekte Informationssystem. Unter: http://gepris.dfg.de
Zugriff: Juni 2018, Stand: k. A.

VERFÜGBARKEIT DER DATEN:

Öffentlich.
GEPRIS ist eine Internetplattform, die über die Fördermaßnahmen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) informiert. Laut DFG sind hier Daten zu bewilligten Forschungsprojekten aus allen DFG-Förderprogrammen, inklusive Sachbeihilfen und Einzelförderungen seit dem 01.01.1999 aufgeführt. Die Datenbank wird fortlaufend aktualisiert. Der Zugang ist kostenlos. Es werden keine Fördersummen für einzelne Projekte in GEPRIS ausgewiesen.

ABGRENZUNG DER BERECHNUNGSGRÖSSEN:

Für die Recherche relevanter DFG-geförderter Projekte wurden die Stichwörter „Epigen*", „Gendiagnos*", „Stammzell*", „Gentherap*", „Grüne* Gentechn*", „Synth* Biol*" verwendet (Suche in Projekte, exkl. geförderter Teilprojekte, inkl. Projekte ohne Abschlussbericht). Es wurde keine weiterführende qualitative Filterung der Suchergebnisse vorgenommen. Es wurden alle abgeschlossenen und laufenden Projekte ab 2001 (Beginn der IAG *Gentechnologiebericht*) recherchiert. Ein direkter Vergleich zwischen den Themenfeldern ist nur bedingt möglich, da die Themenfelder von den Suchbegriffen unterschiedlich gut abgedeckt werden. Insbesondere Projekte zur grünen Gentechnologie lassen sich nur schlecht recherchieren.

GLIEDERUNG DER DARSTELLUNG:

a) Anzahl an DFG-geförderten Projekten (2001–2017)
b) Anzahl an pro Jahr beginnenden DFG-geförderten Projekten (2001–2017)
c) Summe der begonnenen Förderungen (2001–2017)

BERECHNUNGSHÄUFIGKEIT:

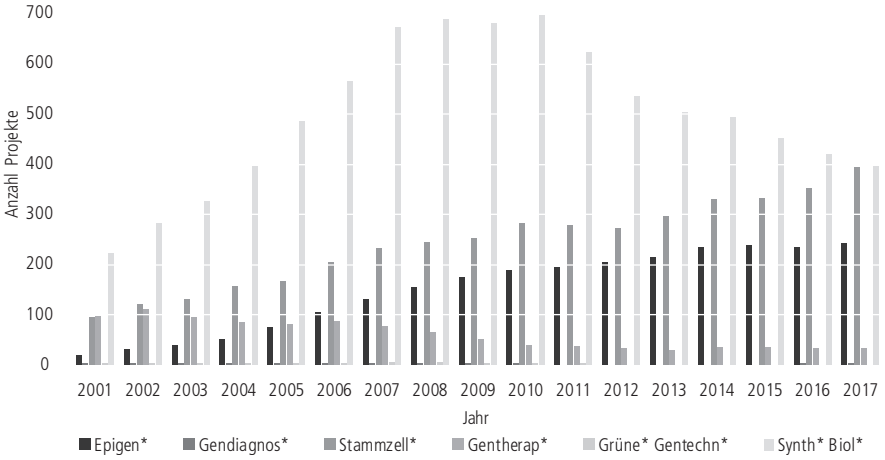
Jährlich.

AUSSAGEFÄHIGKEIT:

Die DFG versteht sich als Selbstverwaltungsorgan der deutschen Forschung. Sie stellt eine wichtige Fördereinrichtung für die Wissenschaft in Deutschland dar – v. a. in Hinblick auf den stetig zunehmenden Stellenwert der Einwerbung von Drittmitteln an Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstituten. Das Ausmaß der DFG-Förderung erlaubt Rückschlüsse auf das wissenschaftliche und wirtschaftliche Potenzial des Feldes. Für eine umfassende Beurteilung ist eine langfristige Beobachtung angezeigt. Zudem sind in diesem Zusammenhang weitere Quellen der Finanzierung zu berücksichtigen. Die Summe der begonnenen Förderungen gibt Aufschluss über die Anzahl durchgeführter Vorhaben, sagt jedoch nichts darüber aus, ob diese Vorhaben noch laufen oder bereits abgeschlossen sind. Geförderte Projekte können mehr als eines der Stichwörter enthalten, sodass Mehrfachzählungen in verschiedenen Themenbereichen möglich sind.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

a) Abbildung 19: Anzahl an DFG-geförderten Projekten (2001–2017)

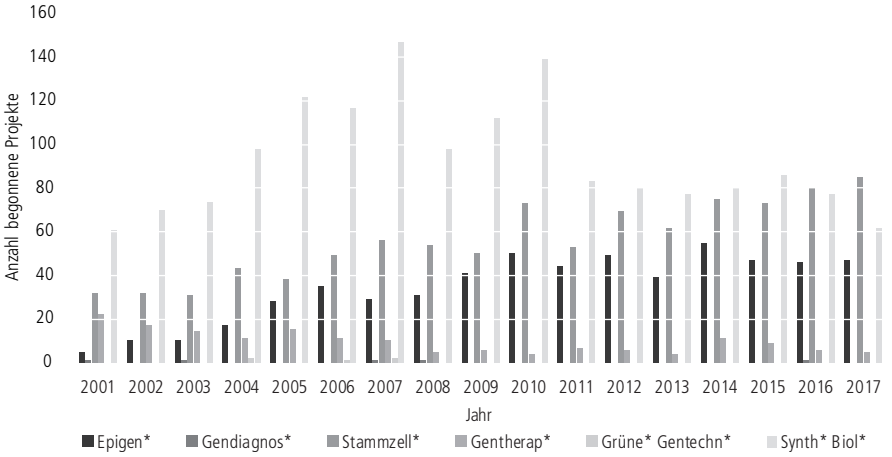


Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-07

	Epigen*	Gendiagnos*	Stammzell*	Gentherap*	Grüne* Gentechn*	Synth* Biol*
2001	21	1	96	97	1	222
2002	31	1	122	110	1	282
2003	40	1	132	96	1	327
2004	53	2	158	85	2	396
2005	77	2	167	83	2	486
2006	106	2	204	87	3	564
2007	131	2	232	79	5	671
2008	155	3	246	65	5	688
2009	174	3	252	52	4	681
2010	190	1	283	39	3	695
2011	195	0	277	37	1	622
2012	205	0	274	34	0	534
2013	215	0	298	28	0	502
2014	235	0	329	35	0	491
2015	240	0	332	36	0	451
2016	235	1	353	34	0	418
2017	244	1	394	33	0	395

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

b) Abbildung 20: Anzahl an pro Jahr beginnenden DFG-geförderten Projekten (2001–2017)

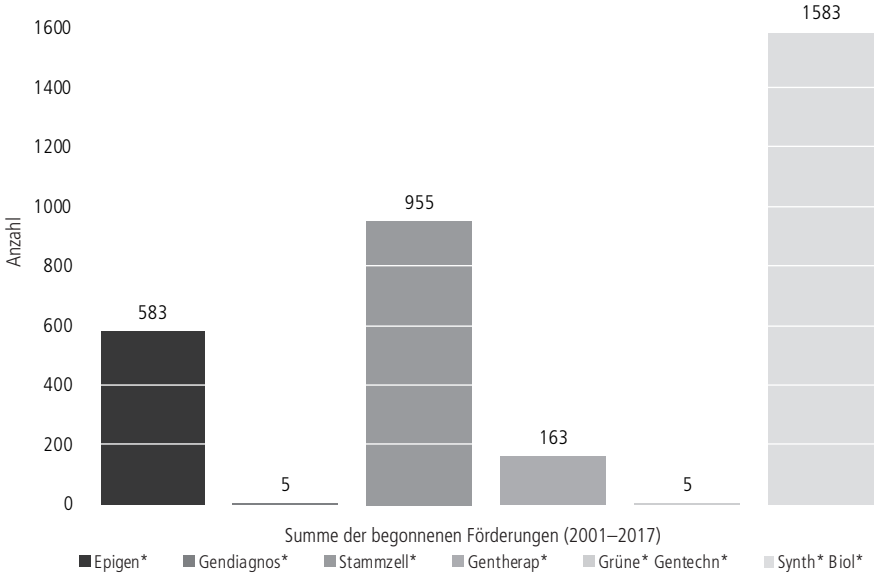


Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-07

	Epigen*	Gendiagnos*	Stammzell*	Gentherap*	Grüne* Gentechn*	Synth* Biol*
2001	5	1	32	22	0	61
2002	10	0	32	17	0	70
2003	10	1	31	14	0	74
2004	17	0	43	11	2	98
2005	28	0	38	15	0	122
2006	35	0	49	11	1	117
2007	29	1	56	10	2	147
2008	31	1	54	5	0	98
2009	41	0	50	6	0	112
2010	50	0	73	4	0	139
2011	44	0	53	7	0	83
2012	49	0	69	6	0	80
2013	39	0	62	4	0	77
2014	55	0	75	11	0	80
2015	47	0	73	9	0	86
2016	46	1	80	6	0	77
2017	47	0	85	5	0	62
Summe	583	5	955	163	5	1583

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

c) Abbildung 21: Summe der begonnenen DFG-Förderungen (2001–2017)



Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-07

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Laufende Nr.: 4B-08
Problemfeld: Forschungsstandort Deutschland + Realisierung Forschungsziele

INDIKATOR: EU-FÖRDERMASSNAHMEN MIT AUSGEWIESENER DEUTSCHER BETEILIGUNG ZU DEN THEMENFELDERN DER IAG

DATENQUELLE:

CORDIS – Forschungs- und Entwicklungsinformationsdienst der Gemeinschaft.
Unter: http://cordis.europa.eu/projects/home_de.html
Zugriff: Mai 2018, Stand: Siehe einzelne Projektdarstellungen auf CORDIS.

VERFÜGBARKEIT DER DATEN:

Öffentlich.
CORDIS ist eine Internetplattform, die über die Fördermaßnahmen der Europäischen Union (EU) im Bereich Forschung und Entwicklung informiert. Es ist die wichtigste Informationsquelle für EU-finanzierte Projekte seit 1990. Der Zugang ist kostenlos. Auf CORDIS werden u. a. die aktuellen Rahmenprogramme für Forschung und technologische Entwicklung der EU dargestellt.

ABGRENZUNG DER BERECHNUNGSGRÖSSEN:

Für die Recherche relevanter EU-geförderter Projekte wurde mit den Stichwörtern „Epigen*", „Genetic* Diagnos*", „Stem Cell*", „Gene Therap*", „Agr* Biotechn*" und „Synth* Biolog*" in der CORDIS-Datenbank gesucht. Es wurden nur Suchergebnisse berücksichtigt, die Deutschland als Koordinator bzw. Teilnehmer ausweisen. Es wurde keine weiterführende qualitative Filterung der Suchergebnisse vorgenommen. Die aufgeführten Detailinformationen der einzelnen Projekte wurden den verlinkten Projektbeschreibungen auf CORDIS entnommen. Die Suche wurde auf das 6. (2002–2007) und 7. (2007–2013) Forschungsrahmenprogramm der EU sowie auf deren Nachfolgerprogramm Horizon 2020 (2014–2020) beschränkt. Dabei ist zu beachten, dass Projekte möglicherweise anders verschlagwortet wurden und mit den verwendeten Suchbegriffen nicht auffindbar waren. Dies ist für die Themenfelder synthetische Biologie, Gendiagnostik und grüne Gentechnologie besonders relevant.

GLIEDERUNG DER DARSTELLUNG:

Anzahl EU-geförderter Forschungsprojekte in FP6/FP7/Horizon 2020.

BERECHNUNGSHÄUFIGKEIT:

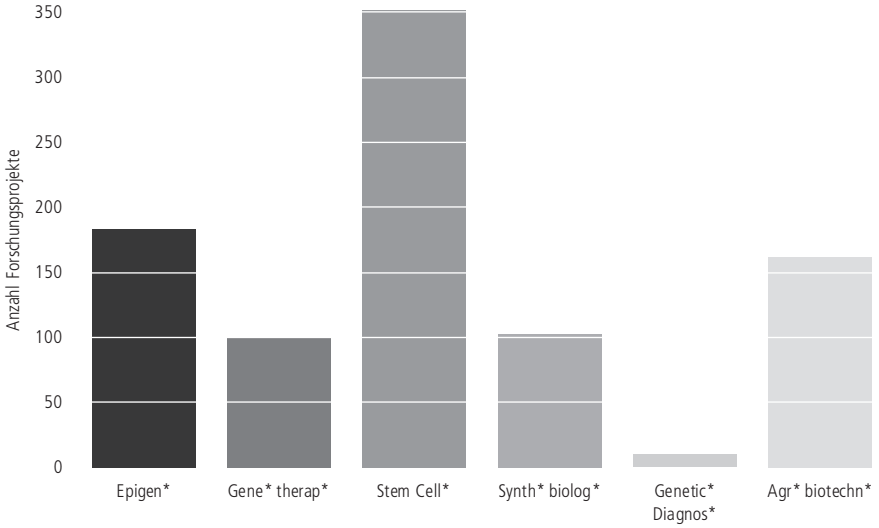
Jährlich.

AUSSAGEFÄHIGKEIT:

Die EU-Forschungsrahmenprogramme können als wichtigstes Instrument der EU zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen verstanden werden. Das Ausmaß der Forschungsförderung durch die EU erlaubt Rückschlüsse auf das wissenschaftliche und wirtschaftliche Potenzial der Gentechnologien, die auf europäischer Ebene angesiedelt sind. Zu einer umfassenden Beurteilung ist eine langfristige Beobachtung angezeigt. Zudem sind in diesem Zusammenhang weitere Quellen der öffentlichen Finanzierung zu berücksichtigen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Abbildung 22: Anzahl EU-geförderter Forschungsprojekte in FP6/FP7/Horizon 2020



Quelle: Siehe Indikatorblatt 4B-08

Epigen*	184
Gene* therap*	100
Stem Cell*	352
Synth* biolog*	103
Genetic* Diagnos*	10
Agr* biotechn*	162

12.4 Zusammenfassung der Indikatoren für die einzelnen Themenbereiche

Im Rahmen der vorliegenden Analyse wurden die Suchbegriffe so gewählt, wie sie in der IAG *Gentechnologiebericht* durch ihre Mitglieder, allesamt Experten auf dem Gebiet der Gentechnologie, verwendet wurden (Stammzellforschung, Epigenetik, synthetische Biologie, grüne Gentechnologie, Gendiagnostik und Gentherapie). Allerdings wurden, sofern es die Datenbank zuließ, grammatische Platzhalter (etwa „*“ oder „%“) verwendet, um möglichst viele alternative Schreibweisen abzudecken. Dennoch decken die Suchbegriffe die Themenfelder unterschiedlich gut ab. Je nachdem, welchen Suchbegriff man wählt, ändert sich die Anzahl der Treffer für das zugehörige Themengebiet. Zum Beispiel sind die Themenfelder „synthetische Biologie“ und „grüne Gentechnolo-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

gie“ etwa für den Indikator 4B-07 zur Forschungsförderung in der Datenbank GEPRIS besonders problematisch zu erheben, da viele Forschungsprojekte nicht mit diesen Begriffen verschlagwortet sind.[2] Auch wenn dies für die Interpretation der Daten einige Schwierigkeiten mit sich bringt, weil die absoluten Zahlen mit den Suchbegriffen schwanken, so lassen sich doch Tendenzen erkennen und benennen, insbesondere in Bezug auf die Entwicklung der einzelnen Themenfelder. Denn insgesamt gesehen fällt auf, dass es keine lineare Entwicklung oder *eine* eindeutige Tendenz „der Gentechnologien“ gibt, sondern die einzelnen Themenbereiche sich über die Jahre sehr unterschiedlich entwickeln. Entsprechend folgt zunächst die Darstellung und Interpretation für jeden einzelnen Bereich. Anschließend werden die Gentechnologien in einer Gesamtschau nebeneinander betrachtet.

Epigenetik

- Die Berichterstattung in den ausgewählten Leitmedien *Die Zeit*, *F.A.Z.*, *Der Spiegel* und *SZ* zur Epigenetik ist insgesamt relativ niedrig im Vergleich zu den anderen Themen, allerdings nimmt die Online-Berichterstattung seit ca. 2009 deutlich zu auf 17 Artikel in 2013 und 2014 (4B-01, Abb. 2). Die Zahl der Printartikel ist im Jahresvergleich von 2004 bis 2006 relativ hoch (72 in 2004), liegt danach jedoch relativ konstant zwischen 20 (2012) und 33 (2017) (4B-01, Abb. 2).
- Die Zahl der Neuerscheinungen in der Deutschen Nationalbibliothek (DNB) liegt auf mittlerem Niveau mit einem Peak im Jahr 2017 mit 20 Publikationen (4B-02).
- Die relative Nachfrage nach dem Stichwort „Epigenetik“ in Google liegt 2004 auf niedrigem Niveau und steigt dann kontinuierlich an, mit zwei Peaks 2006 und 2009 (4B-03).
- Die Zahl der internationalen Fachartikel steigt seit 2001 kontinuierlich an, mit einem Höchststand von über 6.000 Artikeln in 2015, 2016 und 2017 (4B-04). Auch die Publikationen mit deutscher Autorschaft spiegeln diese Entwicklung, mit einem Höchststand von 613 Publikationen in 2016 (4B-04).

2 Eine systematische Recherche aller darüber hinaus möglichen Suchbegriffe (wie z. B. „Agro-Gentechnik“ für die grüne Gentechnologie), die dann entsprechend auch für alle sechs Themenfelder hätte erfolgen müssen, hätte den Rahmen dieses Gentechnologieberichtes gesprengt.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- Die Epigenetik wird seit 2005 auch durch den Bund gefördert, mit einem Höchststand der Förderung in 2014 mit ca. acht Millionen € (4B-05) und einer Gesamtsumme von ca. 63 Millionen € im Untersuchungszeitraum.[3]
- Bei den vom Informationsdienst Wissenschaft (IDW) erfassten öffentlichen Veranstaltungen lag die Epigenetik mit acht Veranstaltungen 2017 im Vergleich zu den anderen Themenbereichen eher im niedrigen Bereich (4B-06).
- Bei den Fördermaßnahmen der DFG steigt die Förderung der Epigenetik von 2001 bis 2010 kontinuierlich an und bleibt dann ungefähr konstant, mit einem leichten Peak 2014 bei 55 begonnen Projekten (insgesamt 583 geförderte Projekte zwischen 2001–2017) (4B-07).
- Die Anzahl von EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung liegt bei 184 Projekten in den drei Forschungsprogrammen (FP), die während der bisherigen Laufzeit der IAG aufgelegt wurden (FP6, FP7 und Horizon 2020) (4B-08).

Gendiagnostik

- Die Gendiagnostik wird in den Online-Artikeln im Vergleich zu den anderen Themen relativ selten erwähnt (4B-01, Abb. 1), zwischen null (2001) und maximal 20 (2012) Artikel sind hierzu in den Leitmedien erschienen. Dieselbe Tendenz liegt auch bei den Printartikeln vor, hier sind es jedoch zwischen vier (2015) und 54 (2008) Artikel. Auffällig ist, dass die Werte in den Jahren 2004–2013 in einem mittleren Bereich liegen und dann wieder deutlich abfallen (4B-01, Abb. 2). Die Trefferzahlen lassen sich vermutlich insofern erklären, als der Suchbegriff nicht die Begriffe abdeckt, die in den Medien in diesem Bereich verwendet werden. Etwa wird im Kontext des nicht invasiven molekulargenetischen Pränataltests in den Medien nicht unbedingt von Gendiagnostik, sondern von Bluttest oder Pränataltest gesprochen.
- Die Anzahl der Neuerscheinungen pro Jahr in der DNB liegt mit vier bis sieben auf relativ niedrigem Niveau (4B-02).
- Die relative Nachfrage nach dem Stichwort „Gendiagnostik“ in Google liegt 2004 bis 2008 auf relativ hohem Niveau (mit einem Peak in 2004) und sinkt anschließend wieder leicht ab (4B-03).
- Die Anzahl der Fachpublikationen steigt von 2001 bis 2015 kontinuierlich an mit einem Maximum bei mehr als 17.800 (2015) (4B-04) und bleibt dann ungefähr kons-

3 Der Untersuchungszeitraum entspricht der Laufzeit der IAG *Gentechnologiebericht* von 2001–2018. Bei manchen Indikatoren weichen diese Zahlen ab, was an der Verfügbarkeit der Daten zu den Jahren liegt und bei den jeweiligen Indikatoren beschrieben ist.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

tant, was sich auch an der Anzahl der Publikationen mit deutscher Beteiligung (2016 sind es 1.400) (4B-04) zeigt.[4]

- Die Förderung durch den Bund ist insgesamt sehr niedrig. Die Gesamtsumme beträgt ca. 13 Millionen € im Berichtszeitraum der IAG (4B-05). Dieses Ergebnis kann auch darauf zurückzuführen sein, dass der verwendete Suchbegriff „Gendiagnostik" nicht explizit im Titel oder der Projektbeschreibung benannt wird und nicht alle Förderungen in diesem Bereich erfasst werden konnten.
- Bei den vom IDW erfassten öffentlichen Veranstaltungen liegt die Gendiagnostik mit eins bis vier Veranstaltungen im unteren Bereich (4B-06).
- Bei den Fördermaßnahmen der DFG wird die Forschung zu Gendiagnostik kaum gefördert (nur fünf Projekte zwischen 2001 und 2017) (4B-07). Möglicherweise spiegelt Letzteres auch die Struktur der Datenbank wider, bei der gegebenenfalls mit anderen Begriffen verschlagwortet wurde.
- Die Anzahl von EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung liegt zur genetischen Diagnostik nur bei zehn Projekten (4B-08).

Stammzellforschung

- Über die Stammzellforschung wird im Vergleich zu den anderen Themenfeldern besonders viel berichtet, sowohl in den Online- als auch in den Printmedien. Bei den Online-Artikeln lag der Höchstwert 2008 bei 137 Artikeln (4B-01, Abb. a), bei den Printartikeln 2001 bei 1.291 Artikeln. Seit 2008 (512 Artikel) geht die Anzahl der Artikel jedoch deutlich zurück auf ca. 100. Die hohen Trefferzahlen lassen sich vermutlich insofern erklären, als der Suchbegriff nicht nur experimentelle gentechnische Verfahren abdeckt, sondern auch die breite Anwendung von Stammzelltherapien, die bereits seit vielen Jahren routinemäßig durchgeführt werden. Die gezählten Artikel enthalten alle das Suchstichwort „Stammzell*", auch wenn diese nur am Rande erwähnt werden und der Artikel einen anderen Schwerpunkt hat. Auffällig sind jedoch auch die Peaks 2001 und 2008, da in diesen Jahren die Debatte über die umstrittene Stammzellforschung mit embryonalen Stammzellen besonders heftig geführt wurde und Gesetze zu ihrer Regulierung erlassen wurden.
- Auch die Zahl der Neuerscheinungen in der DNB ist relativ gesehen besonders hoch (47 im Jahr 2011 und 2017) (4B-02).

4 Es fällt auf, dass die Anzahl publizierter Artikel und die Förderung durch den Bund nicht direkt miteinander korrelieren, sondern durchaus deutlich abweichen können.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- Die relative Nachfrage nach dem Stichwort „Stammzellforschung“ in Google liegt 2004 bis 2008 auf relativ hohem Niveau (mit einem Peak in 2008) und sinkt dann kontinuierlich ab (4B-03).
- Die Anzahl internationaler Fachartikel ist relativ hoch und lag 2015 bei fast 24.000 Publikationen. Die Anzahl der Fachartikel mit deutscher Autorschaft spiegelt diese Entwicklung und liegt 2015 bei fast 1.900 Publikationen (4B-04).
- Auch im Bereich der Förderung durch den Bund nimmt die Stammzellforschung eine führende Position ein, mit einem Höchststand der Förderung von ca. 19 Millionen € in 2017 (4B-05) und einer Gesamtsumme von ca. 220 Millionen € im Zeitraum von 2001–2020.
- Bei den vom IDW erfassten öffentlichen Veranstaltungen führt die Stammzellforschung mit 29 Veranstaltungen in 2006 tendenziell, jedoch nicht in jedem Jahr (4B-06).
- Bei den Fördermaßnahmen der DFG steht die Stammzellforschung mit 394 Projekten in 2017 (insgesamt 955 begonnene Projekte von 2001 bis 2017) an zweiter Stelle im Vergleich mit den anderen Themenbereichen (4B-07).
- Die Anzahl von EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung ist bei der Stammzellforschung am größten (insgesamt 352 Projekte von 2001 bis 2020) (4B-08).

Gentherapie

- Die Zahl der Online-Artikel zur Gentherapie ist zwischen 2001 und 2017 auf einem relativ niedrigen Niveau. Während die Anzahl zwischen 2001 und 2016 bei ca. 5–20 Artikeln pendelt, steigt sie um 2017 deutlich auf 35 an (4B-01, Abb. a). Bei den Printartikeln (4B-01, Abb. b) sinkt die Zahl nach dem Höchststand in 2001 von 142 Artikeln deutlich ab, und zwar auf nur acht beim Tiefstand in 2011. 2017 lag die Zahl wieder bei 51 Artikeln. Möglicherweise spiegelt diese Berichterstattung den Hype um die medizinische Anwendung der Gentherapie um die Jahrtausendwende und das Absinken des Interesses am Thema nach einigen prominenten Rückschlägen (siehe Fehse et al., Kap. 8). Die Zunahme der Berichterstattung 2017 geht möglicherweise auch auf die Diskussion um das Genome-Editing zurück (siehe hierzu auch Diekämper et al., Kap. 7).
- Die Anzahl der Neuerscheinungen in der DNB zum Thema liegen im Vergleich zur Medienberichterstattung hingegen konstant auf relativ niedrigem Niveau zwischen zwei und acht pro Jahr (4B-02).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- Die relative Nachfrage mit dem Stichwort „Gentherapie“ in Google liegt 2004 auf relativ hohem Niveau und sinkt dann kontinuierlich ab (4B-03).
- Die Anzahl internationaler Fachpublikationen ist sehr hoch im Vergleich zu den anderen Themen, mit einem Maximum von mehr als 51.600 Publikationen, davon 4.051 mit deutscher Erstautorschaft (4B-04). Allerdings ist diese hohe Zahl vermutlich der Tatsache geschuldet, dass viele Artikel eine therapeutische Relevanz im Kontext eines Gens erwähnen und diese mit dem englischen Suchbegriff „Gene* therap*“[5] gefunden und mitgezählt werden. Die genaue Anzahl von Publikationen zur Gentherapie im engeren Sinne lässt sich daher nicht ermitteln.[6]
- Die Forschungsförderung zur Gentherapie durch den Bund ist relativ konstant mit einem kleinen Peak in 2012 bei ca. drei Millionen € (4B-05) und einer Gesamtsumme von ca. 36 Millionen € im Berichtszeitraum (2001–2020).
- Bei den öffentlichen Veranstaltungen liegt das Thema Gentherapie eher im niedrigen Bereich im Vergleich zu den anderen Themen, mit maximal sieben Veranstaltungen in 2002 (4B-06).
- Die DFG förderte die Forschung zur Gentherapie im Jahr 2002 (Peak) mit insgesamt 110 Projekten. Die Förderung ging danach etwas zurück (insgesamt 163 begonnene Projekte zwischen 2001 und 2017) (4B-07).
- Die Anzahl von EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung liegt im Bereich Gentherapie von 2001 bis 2020 bei 100 Projekten (4B-08).

Grüne Gentechnologie

- Die Online-Berichterstattung zur grünen Gentechnologie ist in den Leitmedien relativ hoch und liegt zwischen 13 (2006) und 94 (2009). Der Peak im Jahr 2009 lässt sich möglicherweise mit der Gesetzeslage erklären: In diesem Jahr wurde der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen in Deutschland verboten und eingestellt. Interessant ist, dass auch nach diesem Datum zwar weniger als zuvor, aber dennoch im Vergleich zu den anderen Themen immer noch relativ viel berichtet wird (etwa

5 Ausprobiert wurde auch „Gene therap*“ mit etwas weniger Treffern, aber in der Größenordnung und Tendenz gleich.

6 Zur Recherche nach der Anzahl gentherapeutischer Studien sei auf www.clinicaltrials.gov verwiesen [17.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

67 Artikel in 2014). Auch bei den Printartikeln zeigt sich dieselbe Tendenz, mit einem Peak in 2009 (190 Artikel) und einem Tiefpunkt 2017 bei 42 Artikeln.

- Die Anzahl der Neuerscheinungen der DNB liegt mit null bis zehn Büchern pro Jahr auf relativ niedrigem Niveau (4B-02).
- Die relative Nachfrage nach dem Stichwort „grüne Gentechnologie" in Google liegt 2005 auf relativ hohem Niveau (mit einem Peak in 2005) und sinkt dann deutlich ab (4B-03).
- Die Anzahl internationaler Fachartikel lag 2017 mit dem Suchbegriff „Agr* Biotechn*" bei 887 Einträgen (4B-04). Davon kamen jedoch nur 37 Arbeiten aus Deutschland. Dies könnte auch mit dem seit 2009 geltenden Anbauverbot für gentechnisch veränderte Pflanzen in Deutschland zusammenhängen.
- Eine Förderung durch den Bund findet nur in geringem Umfang statt (4B-05), allerdings könnten die niedrigen Werte auch daran liegen, dass Projekte im landwirtschaftlichen Bereich in der Datenbank GEPRIS nicht mit dem Begriff „grüne Gentechnologie" verschlagwortet werden und somit über diesen Begriff nicht auffindbar sind.
- Zur grünen Gentechnologie gab es zwischen 2001 und 2017 nur wenige öffentliche Veranstaltungen (maximal sieben in 2010, sonst eher ein bis drei pro Jahr) (4B-06).
- Bei den Fördermaßnahmen der DFG fällt auf, dass Forschungen zur grünen Gentechnologie kaum gefördert werden (4B-07). Möglicherweise spiegelt Letzteres jedoch die Struktur der Datenbank GEPRIS wider, bei der möglicherweise mit anderen Begriffen verschlagwortet wurde.
- Betrachtet man die Anzahl von EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung, so fällt im Gegensatz zur DFG-Förderung auf, dass die grüne Gentechnologie an dritter Stelle liegt (162 Projekte) (4B-08).

Synthetische Biologie

- Die Zahl der online publizierten Artikel in den untersuchten Leitmedien hat zwischen 2001 und 2008 stetig zugenommen, um dann ab 2009 erneut deutlich zuzunehmen. Der Höchstwert lag in der Online-Berichterstattung bei 45 Artikeln (4B-01, Abb. a). Bei den Printmedien liegt die Berichterstattung hingegen relativ konstant zwischen ca. 50–70 Artikeln pro Jahr (4B-01, Abb. b).
- Die Anzahl der in der DNB erfassten Neuerscheinungen liegt mit null bis elf auf relativ niedrigem Niveau (4B-02).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

- Die relative Nachfrage nach dem Stichwort „synthetische Biologie“ in Google liegt 2004 und 2005 auf relativ hohem Niveau, fällt dann kontinuierlich ab, steigt wieder an (mit einem Peak in 2010) und bleibt dann auf mittlerem Niveau konstant (4B-03).
- Die Anzahl internationaler Fachartikel liegt mit fast 16.000 (2015) auf mittlerem Niveau, davon waren im gleichen Jahr 1.148 mit deutscher Autorschaft (4B-04).
- Die Förderung der Forschung zur synthetischen Biologie durch den Bund liegt im Vergleich zu den anderen Themen im Mittelfeld, mit einem Höchststand der Förderung in 2016 mit fast sechs Millionen € (4B-05) und einer Gesamtsumme von ca. 34 Millionen € im Berichtzeitraum.
- Bei den vom IDW erfassten öffentlichen Veranstaltungen liegt das Thema synthetische Biologie insgesamt an zweiter Stelle nach der Stammzellforschung, doch im Jahr 2011 liegt sie mit 12 Veranstaltungen sogar vorne (4B-06).
- Bei den Fördermaßnahmen der DFG fällt auf, dass die Forschung zur synthetischen Biologie besonders gefördert wird (2010 sind es 695 Projekte, insgesamt von 2001–2017 1.583 (teils begonnene) Projekte) (4B-07).
- Die Anzahl von EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung liegt zur synthetischen Biologie insgesamt bei 103 Projekten im Berichtzeitraum (4B-08).

12.5 Die Themenbereiche in der Gesamtschau

Es ergibt sich in der Gesamtschau folgendes Bild für die Themenbereiche Epigenetik, Stammzellforschung, synthetische Biologie, Gendiagnostik, Gentherapie und grüne Gentechnologie:

Mediale Abbildung der Themenfelder der IAG (4B-01):

Die Zahl der Online-Artikel liegt zum Thema Stammzellforschung deutlich höher als bei den anderen Themen (137 im Jahr 2008). Nur das Thema grüne Gentechnologie erreicht ebenfalls sehr hohe Werte (94 Artikel im Jahr 2009). Das Thema synthetische Biologie erreicht mittlere Werte zwischen drei (2001) und 40 (2009 und 2012) Artikel. Niedrige Werte haben die Themen Gentherapie (1–35) und Epigenetik (1–17) sowie das Thema Gendiagnostik (0–20). Bei den Printartikeln sieht das Bild ähnlich aus: das Thema Stammzellforschung führt mit bis zu 1.291 Artikeln, gefolgt vom Thema grüne Gentechnologie. Die Berichterstattung zum Thema grüne Gentechnologie sinkt jedoch seit dem Jahr 2009 deutlich unter 100 Artikel. DasThema synthetische Biologie erreicht

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

konstant mittlere Werte zwischen 28 (2014) und 75 (2002). Auch hier haben die Themen Gentherapie, Epigenetik und Gendiagnostik niedrige Werte.

Neuerscheinungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-02):

Auch bei den Neuerscheinungen, die in der DNB erfasst werden, gibt es die meisten Einträge zum Themenbereich Stammzellforschung (47 im Jahr 2011), gefolgt von der Epigenetik (20 im Jahr 2017) und der synthetischen Biologie (elf im Jahr 2010). Die grüne Gentechnologie liegt im mittleren Bereich zwischen zwei (2015) und zehn (2006) Neuerscheinungen. Knapp dahinter liegen auf niedrigem Niveau die Gentherapie (sieben im Jahr 2005) und die Gendiagnostik (sieben in den Jahren 2008, 2011 und 2017).

Online-Suchanfragen zu den Themenfeldern der IAG (4B-03):

Da der Indikator nur die relative Suchhäufigkeit darstellt, nicht jedoch die absoluten Zahlen der Suche, erlauben die Abbildungen keinen direkten Vergleich der Häufigkeit der Suche nach den Themenfeldern. Auffallend ist jedoch, dass die relativen Suchanfragen bei den Themen Gendiagnostik, Stammzellforschung, grüne Gentechnologie und Gentherapie relativ hoch beginnen und dann abfallen, während die synthetische Biologie und die Epigenetik ansteigen.

Anzahl internationaler Fachartikel zu den Themenfeldern der IAG (4B-04):

Bei den internationalen Fachartikeln liegt das Thema Gentherapie deutlich an erster Stelle, mit einem Höchststand in 2015 von 51.619 Artikeln. Allerdings wird diese hohe Zahl dadurch erreicht, dass der englische Suchbegriff „Gene* therap*“ alle Artikel umfasst, in denen über therapeutisch relevante Gene berichtet wird, nicht nur Gentherapiestudien im engeren Sinne. In der Trefferzahl spiegelt sich auch der Trend, in Publikationen, auch im Bereich der Grundlagenforschung, stets auch die Therapierelevanz anzusprechen.[7] Die Stammzellforschung liegt 2015 mit 23.538 Artikeln an zweiter Stelle. Im mittleren Bereich liegen die Themen synthetische Biologie mit einem Höchststand von 15.967 im Jahr 2015 sowie genetische Diagnostik mit 18.114 im Jahr 2016. An vorletzter Stelle liegt das Thema Epigenetik. Die Publikationszahlen zu diesem Thema

7 Die sehr hohen Zahlen können möglicherweise auch damit erklärt werden, dass die Datenbank Scopus neben Fachartikeln aller Disziplinen auch Bücher und Konferenzbeiträge enthält. Außerdem reicht es aus, wenn das gesuchte Stichwort in einem Beitrag vorkommt, auch wenn es in diesem Beitrag nicht in erster Linie um das zugehörige Thema geht.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

steigen jedoch kontinuierlich an auf 6.283 im Jahr 2016. Das Thema grüne Gentechnologie kommt nur auf wenige Artikel (höchstens 887 im Jahr 2017). Die Vermutung liegt nahe, dass die Ursache darin zu finden ist, dass der Begriff im englischen nicht verwendet wird und auch der Ersatzbegriff „Agr* biotechn*“ nicht einheitlich als Schlagwort Einsatz findet. Der Anteil von Publikationen mit deutscher Autorschaft spiegelt den Trend und verläuft fast identisch, die absoluten Zahlen liegen jedoch – wie zu erwarten ist – deutlich niedriger: bei 4.051 Publikationen zum Themenfeld Gentherapie (2015), 1.896 zum Themenfeld Stammzellforschung (2015), 1.400 zum Themenfeld Gendiagnostik (2016), 1.148 zum Themenfeld synthetische Biologie (2015), 613 zum Themenfeld Epigenetik (2016) und 37 zum Themenfeld grüne Gentechnologie (2017).

Förderung durch den Bund zu den Themenfeldern der IAG (4B-05):

Auch im Bereich der Förderung durch den Bund liegt die Stammzellforschung und -therapie an der Spitze, mit mehr als 19 Millionen € im Jahr 2017. Zwischen 2005 und 2013 stieg die Forschungsförderung zur Epigenetik deutlich an, auf ca. acht Millionen € in 2014, fällt danach jedoch wieder ab. Auch die Forschungsförderung zur synthetischen Biologie liegt im mittleren Bereich, mit einem Peak in 2016 bei fast sechs Millionen €. Die Forschung zur Gentherapie wird im Vergleich dazu relativ wenig gefördert, mit einem Höchststand von ca. drei Millionen € im Jahr 2012. Die Förderungen zur genetischen Diagnostik und zur grünen Gentechnologie stellen die Schlusslichter dar. Allerdings sind die schlechten Werte auch darauf zurückzuführen, dass die geförderten Vorhaben nicht unter dem Label „grüne Gentechnologie“ oder „Gendiagnostik“ geführt werden. Es ist daher sehr schwierig, die tatsächlichen Förderungen in diesen Bereichen zu erfassen.

Betrachtet man die Fördersummen im gesamten Berichtszeitraum der IAG, so liegt die Stammzellforschung mit mehr als 220 Millionen € an erster Stelle, gefolgt von der Epigenetik (mit ca. 63 Millionen €), der Gentherapie (mit ca. 36 Millionen €), der synthetischen Biologie (mit ca. 34 Millionen €), der Gendiagnostik (mit 13,3 Millionen €) und der grünen Gentechnologie (mit 597.460 €).

Öffentliche Veranstaltungen zu den Themenfeldern der IAG (4B-06):

Bei den vom IDW erfassten öffentlichen Veranstaltungen wechseln sich die Themenbereiche in verschiedenen Jahren mit den Spitzenpositionen ab. Tendenziell führt die Stammzellforschung mit 29 Veranstaltungen in 2006, doch im Jahr 2011 liegt die synthetische Biologie mit 12 Veranstaltungen vorne. Auch zu den Themenfeldern Epigene-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

tik und Gentherapie gab es einige öffentliche Veranstaltungen: 2017 waren es bei der Epigenetik acht und 2002 sieben bei der Gentherapie. Zum Thema grüne Gentechnologie gab es nur wenige öffentliche Veranstaltungen (max. sieben in 2010, sonst eher 1–3 pro Jahr), genauso wie zum Thema Gendiagnostik (zwischen einer und vier Veranstaltungen).

Fördermaßnahmen der DFG zu den Themenfeldern der IAG (4B-07):

Bei den Fördermaßnahmen der DFG fällt auf, dass die Forschung zur synthetischen Biologie besonders gefördert wird (2010 sind es 695 Projekte, von 2001–2017 begannen insgesamt 1.583 Projekte).[8] An zweiter Stelle steht die Stammzellforschung mit 394 Projekten in 2017 (insgesamt 955 begonnene Projekte von 2001–2017). Es folgt die Forschung zur Epigenetik, deren Förderung kontinuierlich ansteigt, auf 244 in 2017 (insgesamt 583 begonnene Projekte zwischen 2001 und 2017). Weniger gefördert wird die Forschung zur Gentherapie mit 110 Projekten in 2002 (163 begonnene Projekte von 2001–2017). Kaum gefördert werden Forschungen zur Gendiagnostik und zur grünen Gentechnologie. Möglicherweise spiegelt Letzteres jedoch die Struktur der Datenbank GEPRIS wider, bei der mit anderen Begriffen verschlagwortet wurde.

EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung zu den Themenfeldern der IAG (4B-08):

Betrachtet man die Anzahl von EU-Fördermaßnahmen mit ausgewiesener deutscher Beteiligung fällt auf, dass auf die Stammzellforschung der größte Anteil an Forschungsprojekten entfällt (352 Projekte), gefolgt von Projekten zur Epigenetik (184 Projekte) und zur grünen Gentechnologie (162 Projekte). Zur synthetischen Biologie und zur Gentherapie gab es ungefähr gleich viele Projekte (ca. 100) und nur 10 zur genetischen Diagnostik.

8 Die sehr hohen Zahlen für die synthetische Biologie können möglicherweise auch damit zusammenhängen, dass der Begriff in einem weiten Sinne verwendet wird, der zahlreiche Anwendungen aus den anderen Themengebieten mit einschließt. So erscheinen in der Trefferliste etwa viele Arbeiten an Pflanzen, die nach der Einteilung der IAG *Gentechnologiebericht* auch in den Bereich der grünen Gentechnologie fallen. Eine trennscharfe Abgrenzung der Bereiche und eine Beschränkung auf synthetische Biologie im engeren Sinne ist daher nicht möglich. Zur Problematik der Definition der synthetischen Biologie siehe etwa: http://www.tab-beim-bundestag.de/de/aktuelles/20151221.html [02.07.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

12.6 Literatur

Diekämper, J./Hümpel, A. (2015): Einleitung: Gentechnologien in Deutschland im Langzeit-Monitoring. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos, Baden-Baden: 13–23.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Jürgen Hampel

Spotlight 4: Veränderungen bei der Erhebung von Einstellungen zur Gentechnik. Biotechnologie in der europäischen Survey-Forschung

Die Kernaufgabe der interdisziplinären Arbeitsgruppe (IAG) *Gentechnologiebericht* liegt darin, die Entwicklung der Gentechnik in ihren gesellschaftlichen Kontexten zu erfassen, wobei diese Erfassung unter anderem auf der Grundlage von Indikatoren, statistischen Kenngrößen, welche bestimmte Sachverhalte quantitativ messbar machen und so erfassen, erfolgt. Sie ermöglichen es, im Querschnitt etwas über die Verteilung eines Sachverhalts auszusagen, aber auch, wenn ein Indikator mehrfach nacheinander erhoben wird, die Entwicklung eines Merkmals im Zeitverlauf beobachtbar zu machen. Erfasst wurden von der IAG neben Indikatoren, die Aussagen über die Entwicklung der Gentechnik machen, auch Indikatoren, die darüber informieren, wie Gentechnik in der Öffentlichkeit wahrgenommen wird. Die vier erschienenen Gentechnologieberichte geben einen Überblick über diese Arbeiten. Die Erhebung und Darstellung von Zeitverläufen ist gerade in einem so dynamischen Feld wie der Gentechnik wünschenswert, allerdings oft mit konkreten Problemen verbunden. Nicht nur, dass spezifische Daten zum Teil nur in einem begrenzten Zeitraum erfasst werden, auch das, was mit den Indikatoren gemessen wird, ist Veränderungen unterworfen. Beide Probleme treten auch auf, wenn wir uns mit der Erfassung der öffentlichen Meinung zur Gentechnik mithilfe repräsentativer Bevölkerungsumfragen beschäftigen. Um die Indikatoranalyse zu ergänzen und um die Aussagekraft von Indikatoren einordnen zu können, ist es daher wichtig, sich auch darüber Gedanken zu machen, wie sich nicht nur die Gentechnik selbst, sondern auch unser Blick auf sie im Lauf der Jahre verändert hat. Die Dynamik der Entwicklung der Gentechnik und der gesellschaftlichen Beschäftigung mit ihr lassen sich besser nachvollziehen, wenn wir uns mit den Erhebungskonzepten repräsentativer Befragungen zur Wahrnehmung der Gentechnik beschäftigen. Studien zur Erfassung der öffentlichen Meinung zum Thema Gentechnik erlauben dabei nicht nur Einblicke in die Art und Weise der öffentlichen Meinungsbildung, sondern geben auch Aufschluss darüber, welche Themen in einem bestimmten Zeitraum für die gesellschaftliche Diskussion relevant sind. Zu diesem Zweck werden im Folgenden exem-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

plarisch die sogenannten Eurobarometerbefragungen[1] zur Biotechnologie vorgestellt. Diese haben den Vorteil, mit der gleichen Zielsetzung über einen längeren Zeitraum Informationen über die öffentliche Meinung zur Gentechnik zu liefern.

Zu Beginn ihrer Entwicklung stand die Gentechnik nicht im Zentrum der öffentlichen Aufmerksamkeit. Die Diskussion beschränkte sich weitgehend auf Wissenschaftler (Torgersen et al., 2002: 21–94). Vor diesem Hintergrund überrascht es nicht, dass von systematischen Bevölkerungsbefragungen (Surveys) aus der Zeit der 1970er Jahre nichts bekannt ist.

Dies änderte sich langsam in den 1980er Jahren. Aus der Grundlagendisziplin wurde auch eine angewandte Wissenschaft mit Anwendungsfeldern von der Landwirtschaft bis hin zur Pharmazie. Damit wurde die Gentechnik auch zu einem Gegenstand erster gesellschaftlicher und politischer Kontroversen. In Dänemark wurde 1986 das erste Gentechnikgesetz verabschiedet, in der gleichen Zeit setzte sich der Deutsche Bundestag in einer Enquete-Kommission mit den Chancen und Risiken der Gentechnik auseinander (Torgersen et al., 2002). In dieser Phase beginnender Beschäftigung mit dem Thema Gentechnik in der Gesellschaft wie in der politischen Öffentlichkeit wurden auch die ersten Surveys zur Messung der öffentlichen Meinung durchgeführt, im Jahr 1987 in Dänemark und den USA.

1991 gab die Europäische Kommission die erste Eurobarometerbefragung zur Gentechnik in Auftrag. Diese Befragung war der Startpunkt einer Reihe von Surveys, die in den Jahren 1993, 1996, 1999, 2002, 2005 und 2010 fortgesetzt wurde. Ausgangspunkt war die Erkenntnis, dass fehlende Akzeptanz der europäischen Öffentlichkeit als wesentliches Hindernis für die erfolgreiche Implementierung der Gentechnik identifiziert wurde. Vor allem die Jahre um die Jahrtausendwende erlebten intensive Diskussionen um den Umgang mit der Gentechnik, von der Regulierung gentechnisch veränderter Lebensmittel bis hin zur Frage der Forschung mit menschlichen embryonalen Stammzellen. Diese Hochzeit des gesellschaftlichen und politischen Diskurses war auch eine Hochzeit für die Erforschung der Einstellungen zur Gentechnik. Diese Phase endete in der Mitte des Jahrzehnts. Die Eurobarometerstudie von 2005 war die letzte, die im ursprünglichen Zeittakt von drei Jahren durchgeführt wurde, danach folgte bisher nur noch die Studie von 2010 als bislang letzte Eurobarometerbefragung zum Thema

1 Eurobarometer sind regelmäßige Befragungen im Auftrag der EU-Kommission, in denen, mit Abweichungen in sehr kleinen (Luxemburg, Malta) und sehr großen Ländern (Deutschland), jeweils 1.000 zufällig ausgewählte Bürger/-innen über von der Kommission bestimmte Themen befragt werden. Zwischen 1991 und 2010 hat die EU-Kommission insgesamt sieben Befragungen mit dem Themenschwerpunkt Biotechnologie durchgeführt. Siehe unter: http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/index.cfm/Survey/index#p=1&search=biotechnology [19.12.2017].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Gentechnik. So gibt es zu aktuellen Diskussionen, zum Beispiel um CRISPR/Cas, bislang keine europäischen Daten.

Die Sequenz der Eurobarometerbefragungen erlaubt es, anhand der behandelten Themen aufzuzeigen, wie sich das Thema Gentechnik seit der ersten Befragung entwickelt hat. Die Veränderungen werden besonders deutlich, wenn man die Eurobarometerbefragungen von 1991 und 2010 gegenüberstellt. Erhebliche Unterschiede zeigen sich sowohl bei den Themen, die behandelt werden, als auch bei der inhaltlichen Ausrichtung der Fragen. 2010 wurden neue Anwendungen der Gentechnik wie die Stammzellforschung, die Gentherapie oder die synthetische Biologie thematisiert, die zu Beginn der Untersuchungsreihe noch keine Themen waren. Die Fragestellungen entwickelten sich inhaltlich von der Erfassung von Einstellungen zur Gentechnik in einem bestimmten Kontext hin zu Einstellungen zur Gentechnik zu einem präzise definierten Zweck, da Forschungen gezeigt haben, dass auch unterschiedliche Anwendungsziele unterschiedlich bewertet werden. Da die Veränderungen schrittweise eingeführt wurden, soll hier die Entwicklung der Inhalte der Eurobarometerstudien nachgezeichnet werden.

In der ersten Eurobarometerbefragung zur Gentechnik, dem „Eurobarometer 39.1" von 1991, wurde vor allem nach Wissen, Verständnis und Informationsquellen sowie nach der Bewertung einiger Anwendungen der Gentechnik gefragt, wobei diese Anwendungen noch sehr allgemein blieben. Thematisiert wurden Anwendungen der Gentechnik in der Pflanzenzucht, bei Mikroorganismen, an Nutztieren, bei der Lebensmittelerzeugung sowie die Erzeugung von Humaninsulin und die Durchführung genetischer Tests. Die Fragen waren dabei sehr allgemein formuliert, und zielten vor allem auf die Methode ab. Gleichzeitig waren die Anwendungsziele sehr unscharf beschrieben. Beispielhaft soll die Einleitung einer Frage zur genetischen Veränderung von Nutzpflanzen dargestellt werden, mit der die Befragten auf den Gegenstand der Frage geleitet werden sollten: „Die genetische Veränderung von Pflanzen auf eine Art, die schneller und präziser als traditionelle Zuchtverfahren ist, um Pflanzen nützlicher zu machen, das heißt, um sie widerstandsfähiger gegen Krankheiten oder Schädlinge zu machen, damit sie schneller reifen oder damit sie auch auf trockenen oder salzigen Böden wachsen können." Ergänzend zu den Einstellungsfragen wurden nahezu ausschließlich Wissens- und Informationsfragen gestellt. Der 1993er Survey replizierte im Wesentlichen das Design des Fragebogens von 1991.

Für das dritte Eurobarometer zur Gentechnik, das „Eurobarometer 46.1" von 1996, wurde das Erhebungsdesign grundsätzlich überarbeitet und ging weg von einer einseitigen Fokussierung auf Wissens- und Informationsfragen. Bei der Bewertung von Anwendungen der Gentechnik wurde nicht nur nach Zustimmung und Ablehnung gefragt

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

(wie zuvor), es wurden auch Bewertungsdimensionen, der wahrgenommene Nutzen, die wahrgenommenen Risiken und die Einschätzung der moralischen Akzeptabilität der Anwendung erfasst, die es erlauben, herauszuarbeiten, worauf die jeweilige Zustimmung oder Ablehnung beruhen. Damit werden wahrgenommene Eigenschaften der gentechnischen Anwendung erfasst, was es ermöglicht, die Rationalität von Zustimmung oder Ablehnung zu ermitteln. Hinzu kamen Fragen nach der Bewertung des „sozio-technischen Systems", also Fragen nach Vertrauen in Akteure und Akteurinnen, in und zur Regulierung. Außerdem wurden, verglichen mit den älteren Surveys, die erfassten Anwendungen der Gentechnik aktualisiert und vor allem präzisiert. Schwerpunkte bildeten die Produktion von Medikamenten mit gentechnisch veränderten Bakterien, die genetische Veränderung von Versuchstieren, Xenotransplantation und die Einstellungen zu gentechnisch veränderten Lebensmitteln. 1999, drei Jahre nach der Geburt des Klonschafs Dolly, wurde außerdem das Klonen von Tieren aufgenommen. Um die Jahrtausendwende verschoben sich die Schwerpunkte der Eurobarometerbefragung zu den medizinischen Anwendungen der Gentechnik. 2002 wurde mit genetischen Informationen wiederum ein neues Thema aufgegriffen, 2005 kamen als neue Themen Stammzellforschung und Gentherapie hinzu, 2010 die synthetische Biologie und das Klonen von Tieren für die Lebensmittelproduktion. Die Erforschung der Einstellungen zu gentechnisch veränderten Lebensmitteln wurde zudem um die Unterscheidung von cis- und transgenen Pflanzen erweitert. Die in den ersten Surveys prominent erfragten Anwendungen an Mikroorganismen sind dagegen aus der öffentlichen Debatte wie aus dem Fragenprogramm der späteren Eurobarometerbefragungen verschwunden.

Anhand der Veränderung der Fragenkonzepte ist es möglich, zu ermitteln, welche Konzepte zur Erklärung von Einstellungen die Autoren und Autorinnen des Fragebogens hatten. Die ersten Eurobarometerbefragungen von 1991 und 1993 enthalten sehr allgemeine Einstellungsfragen zur Gentechnik und darüber hinaus Wissens- und Informationsfragen. Die diesem Design zugrundeliegende Hypothese ist eindeutig: die Einstellungen zur Gentechnik und ihren Anwendungen sind abhängig von dem Wissen über Gentechnik. Die Hypothese, dass die Ablehnung von Gentechnik die Rolle von fehlendem Wissen sei, wird in der sozialwissenschaftlichen Literatur als „Defizitmodell" bezeichnet und gilt mittlerweile als widerlegt. Seit der Eurobarometerbefragung von 1996 wurde das Spektrum erklärender Variablen erheblich ausgedehnt. Neben Wissensfragen, die nach wie vor zum Fragenkatalog der nachfolgenden Eurobarometersurveys gehörten (mit Ausnahme der Befragung von 2010), wurden weitere Erklärungsmodelle in den Fragebogen integriert, die zum einen auf die wahrgenommenen Eigenschaften von gentechnischen Anwendungen abzielten, insbesondere auf den wahrgenommenen Nutzen, die wahrgenommenen Risiken und die ethische Bewertung, zum anderen aber

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

auch den gesellschaftlichen Kontext thematisierten, zum Beispiel das Vertrauen in Akteure und Akteurinnen. Mit einem solchen erweiterten Fragenkonzept ist es möglich, zu überprüfen, inwieweit die Bewertung gentechnischer Anwendungen von deren wahrgenommenen Eigenschaften abhängt. So war es beispielsweise möglich, verbreitete Irrtümer, dass etwa eine Ablehnung auf Risikoaversion zurückzuführen sei, zu entkräften.

Der Ansatz der IAG *Gentechnologiebericht* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, die Entwicklung der Gentechnologie auf der Grundlage empirisch erfasster Indikatoren zu beobachten, um die öffentliche Diskussion auf eine empirisch fundierte Basis zu stellen, bewährt sich auch, wenn wir die Entwicklung der öffentlichen Meinung zur Gentechnik betrachten. Es war in nicht unerheblichem Maß die empirische Forschung zur Wahrnehmung der Gentechnik, die unseren Blick dafür geschärft hat, was letztlich zur Zustimmung oder Ablehnung gentechnischer Anwendungen führt. Wir können anhand der Fragen der Eurobarometersurveys auch nachvollziehen, wie sich Gentechnik seit Beginn der 1990er Jahre verändert hat – von einer wissenschaftlichen Methode, deren Anwendungspotenziale eher vage waren, zu einer in vielen gesellschaftlichen Feldern angewandten Wissenschaft –, aber auch, wie sich unser Blick auf die gesellschaftliche Reflektion und die Bedeutung der Öffentlichkeit selbst verändert hat.

Literatur

Torgersen, H. et al. (2002): Promise, problems and proxis: twenty-five years of debate and regulation in Europe. In: Bauer, M./Gaskell, G. (Hrsg.): Biotechnology. The making of a global controversy. Cambridge University Press, Cambridge: 21–94.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Teil V: Bilanz der Arbeit der IAG

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Sabine Könninger

13. Ein Monitoring monitoren – die IAG *Gentechnologiebericht* in der Wahrnehmung der medialen Öffentlichkeit

„Es soll ein Monitoring-System etabliert werden, dessen Ergebnisse Informationsquelle und Grundlage der öffentlichen Diskussion über Fragen der Gentechnologien in unserem Lande sein kann", so erläutert der Biochemiker Ferdinand Hucho, Mitinitiator der IAG *Gentechnologiebericht*, im Jahr 1999 das Vorhaben, solch ein Monitoring-System in Form einer Arbeitsgruppe an der BBAW einzurichten. Ein regelmäßig erscheinender Bericht solle „den unvoreingenommenen ergebnisoffenen Diskurs fördern", heißt es weiter zur Zielsetzung (Hucho, 2000: 275). Die Mitglieder der IAG seien Beobachter/-innen, so erklären zwei wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen[1] der IAG in der Zeitschrift *TA-Datenbank-Nachrichten*[2] kurze Zeit nach der Einrichtung der IAG im Jahr 2001. Die Beobachter/-innen kennzeichneten sich als Gruppe dadurch, dass sie „in der Summe ihrer Mitglieder keine Partikularinteressen, zumindest jenseits ihres Interesses als Wissenschaftler hinaus [vertreten]" (Bosse/Köchy, 2001: 75). „Mögliche Zielgruppen und Adressaten des Berichts", so wird es auch in späteren Publikationen formuliert (siehe bspw. Diekämper/Hümpel, 2015: 14), „sind ‚die Politik' [Herv. i. O.], betroffene Fach- und Berufsverbände oder Nichtregierungsorganisationen (NGOs) und nicht zuletzt die interessierte Öffentlichkeit" (Bosse/Köchy, 2001: 75). Darüber hinaus sollten „Entscheidungsträgerinnen und –träger in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft sowie [...] Multiplikatorinnen und Multiplikatoren" adressiert werden und zwar über den eigentlichen, regelmäßig erscheinenden Bericht hinaus. Dies werde mittels Kernaussagen und Handlungsempfehlungen angestrebt (Diekämper/Hümpel, 2015: 15 f).

1 Die IAG verfügt von Beginn an über wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen, die die Tätigkeiten der IAG unterstützen – Konzeption und Redaktion der Publikationen, Organisation von Veranstaltungen, Bearbeitung der Problemfeld- und Indikatorenanalyse. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter/-innen sind gegenwärtig in der sog. Geschäftsstelle der IAG tätig. Namentlich wird die Geschäftsstelle in den Jahrbüchern der BBAW im Jahr 2006 das erste Mal erwähnt (Boysen/Hucho, 2007: 268).

2 Die Zeitschrift *TA-Datenbank-Nachrichten* war bis 2002 die Vorgängerin der Zeitschrift *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, seit 2017 trägt sie den Titel *TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Die so benannten Ziele, mit einem Monitoring Informationsquelle oder Grundlage für die öffentliche Diskussion um Gentechnologien zu sein, mit eben diesen Berichten zum öffentlichen Diskurs beizutragen oder ihn gar zu befördern, auch konkrete Handlungsempfehlungen zu formulieren, verfolgt die IAG ihrem Selbstverständnis nach bis zu diesem vorliegenden vierten, bilanzierenden Bericht.

Blickt man nun auf die 18 Jahre Laufzeit der IAG zurück, dann offenbaren sich weitere, ganz vielfältige Aktivitäten: Nicht allein die vier Gentechnologieberichte aus den Jahren 2005, 2009, 2015 und 2018 gehören dabei zu ihrem Repertoire, bereits 2002 und 2003 werden in Form von Sammelbänden zwei Vorstudien zu den Gentechnologieberichten publiziert. In den Jahren kommen schließlich neun Themenbände, zehn Broschüren – Kurzfassungen der Berichte und Themenbände sowie eine Analyse zur Genomchirurgie – sowie zwei, gemeinsam mit der BBAW und/oder der Leopoldina (Nationale Akademie der Wissenschaften) erstellte Stellungnahmen und ein *Special Issue* zu Stammzellforschung hinzu. Darüber hinaus führt die IAG insgesamt knapp 70 Veranstaltungen unterschiedlicher Formate (Pressekonferenzen, Abendveranstaltungen, Akademievorlesungen, Workshops, Symposien etc.) (siehe Einleitung, Kap. 1) durch.[3] Zudem werden von den IAG-Mitgliedern und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Geschäftsstelle zahlreiche Vorträge in unterschiedlichen Kontexten für die IAG gehalten (etwa im Rahmen des Programms „Akademievorträge an brandenburgischen Schulen", auf Tagungen, Lehrerfortbildungen und Podiumsdiskussionen). Hat die IAG mit diesen Bemühungen also ihr Ziel erreicht, den öffentlichen Diskurs zu fördern? Ein wesentliches Merkmal für diese bilanzierende Frage ist die Wahrnehmung der IAG und ihrer Arbeit in der Öffentlichkeit: Wie wurde sie rezipiert und von wem? Wurden die formulierten Adressaten und Adressatinnen erreicht?

Die Beantwortung dieser Frage ist eines von gleich zwei bilanzierenden Zielen dieses Beitrags. Das zweite Ziel leitet sich aus der Methode ab, also dem Vorgehen der Untersuchung zur öffentlichen Wahrnehmung der IAG. Nun analysiert die IAG selbst die öffentliche Wahrnehmung als Teil ihres Monitorings. Dies geschieht mittels der sogenannten Problemfeldanalyse, einer qualitativen Analyse, die sozialwissenschaftlich motiviert

3 Eine Übersicht der Publikationen und Veranstaltungen der IAG findet sich im Anhang dieses Buches (siehe Kap. 14.4 und 14.5). Weiterführende Informationen zu den Gentechnologieberichten, den Themenbänden und Veranstaltungen finden sich unter http://www.gentechnologiebericht.de/ [09.03.2018]. Die Stellungnahmen (BBAW, 2009 und 2013) finden sich unter http://www.bbaw.de/publikationen/stellungnahmen-empfehlungen/stellungnahmen-und-empfehlungen [09.03.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

ist (Diekämper/Hümpel, 2015: 13 ff.).[4] Kann sie auch für die vorliegende Frage, wie und von wem die IAG in der Öffentlichkeit rezipiert wurde, verwendet werden? Hierzu bedarf es erst einer kurzen Erläuterung dazu, was die Problemfeldanalyse eigentlich ist, was sie wie untersucht und was nicht:

Die Problemfeldanalyse wird seit 2011 angewendet und zielt auf die „öffentliche Wahrnehmung" (Diekämper/Hümpel, 2015: 16) zu den von der IAG untersuchten Bereichen der Gentechnologie. Sie basiert auf der Untersuchung von Print- und Online-Medien.[5] Ziel dieser Analyse ist es, die diversen Problemfelder zu den verschiedenen Bereichen der Gentechnologie in der „öffentlichen Wahrnehmung" zu identifizieren und sichtbar zu machen. Hierfür wird ein Textkorpus erhoben, das sich aus auflagenstarken, überregionalen Zeitungen und Zeitschriften, Webseiten und Stellungnahmen zusammensetzt und inhaltsanalytisch mit einem Fokus auf „Probleme" ausgewertet wird. Der Begriff „Problem" wird verwendet, „da mit ihm eine Sichtweise in den Vordergrund rückt, die einen Aspekt bewusst problematisiert und nicht allein deskriptiv angeht" (Domasch/Boysen, 2007: 179). Über die Zeit werden eine Fülle an Problemfeldern identifiziert und visualisiert – dies geschieht durch die jeweilige Abbildung der Problemfelder zu einem Bereich der Gentechnologie in einer Art Koordinatensystem, abgesteckt durch Leitdimensionen. In einem weiteren Schritt werden den Problemfeldern Indikatoren zugeordnet, um sie quantitativ messbar zu machen und die Problemfelder auszuleuchten. Diese Problemfeld- und Indikatorenanalyse insgesamt ermöglicht im Sinne der IAG eine Einschätzung aktueller Entwicklungen in den jeweiligen Bereichen der Gentechnologie. Kurzum: Es geht darum, Problemfelder in der „öffentlichen Wahrnehmung" zu einem Bereich der Gentechnologie sichtbar und messbar zu machen; für diesen Bericht wurde eine Zusammenschau für alle Bereiche erstellt (siehe Kap. 11). Nicht integriert in die Analyse von Problemfeldern ist die Untersuchung von Akteuren und Akteurinnen – wer äußert sich wie und benennt überhaupt welches Problem? Würde man die Analyse erweitern und nimmt Akteure und Akteurinnen in die Untersuchungsperspektive auf, wird es möglich sie in der „öffentlichen Wahrnehmung" darzu-

4 Bei der Problemfeld- und Indikatorenanalyse handelt es sich um eine zentrale Methode der IAG. Für eine aktuelle und ausführliche Darstellung der Problemfeld- und Indikatorenanalyse siehe Diekämper/Hümpel, 2015: 13–20. Weitere Darstellungen finden sich in vorangegangenen Publikationen (siehe etwa: Könninger/Marx-Stölting, 2018; Marx-Stölting, 2017; Diekämper/Hümpel, 2012; Müller-Röber et al., 2013; Köchy/Hümpel, 2012; Fehse/Domasch, 2011; Domasch/Boysen, 2007; Wobus et al., 2006; Hucho et al., 2005). Die IAG bedankt sich bei allen Autoren und Autorinnen, die über die Jahre an der Entwicklung des Ansatzes mitgewirkt haben.

5 Zu Beginn der IAG wird die Problemfeldanalyse nicht praktiziert. Ab 2006 werden die Problemfelder durch die Befragung von Expertinnen und Experten identifiziert. Eine systematische Problemfeldanalyse basierend auf Print- und Online-Medien wird seit 2011 unternommen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

stellen. Diese Erweiterung wird im Folgenden erprobt. So kann nicht nur beantwortet werden, wie und von wem die IAG in der Öffentlichkeit wahrgenommen wird, sondern auch, in welchen Problemfeldern die IAG selbst als Akteurin in der „öffentlichen Wahrnehmung" verortet ist und mit welchen Problembenennungen sie wahrgenommen wird. Die Beantwortung dieser Frage wird also in die Untersuchung aufgenommen und führt darüber hinaus zum zweiten Ziel, der Reflexion der Problemfeldanalyse: Was geschieht, wenn in der Problemfeldanalyse zu dem Untersuchungsfokus auf „Probleme" der Fokus auf Akteurinnen und Akteure hinzuaddiert wird? Welche Möglichkeiten und Grenzen ergeben sich aus dieser Erweiterung und was sagt dies hinsichtlich der Problemfeldanalyse aus? Gerade mit der Beantwortung der letzten Frage wird dem „Anspruch" der IAG begegnet, „die Methodik [...] in einem steten [...] kritikoffenen Verfahren zu optimieren" (Hucho/Köchy, 2003: 260 f.) – in diesem Fall zu reflektieren. Diesen Zielen und Fragen widmet sich nun dieses Kapitel.

Im Folgenden wird zuerst auf einige Modifikationen eingegangen, die im Vergleich zur „herkömmlichen" Problemfeldanalyse unternommen werden, um den Fokus in der Analyse auf Akteure und Akteurinnen, in diesem Fall die IAG, zu verschieben. Im nächsten Schritt wird die Untersuchungsbasis, das Textkorpus erläutert. Auf die Frage, welche Tätigkeiten der IAG (Veröffentlichungen, Veranstaltungen) genau in der Presse rezipiert werden, wird im Medienecho (13.3) eingegangen. Daran anschließend werden die Leserschaften derjenigen Publikationsorgane in den Blick genommen, die die IAG am häufigsten rezipieren, und die Frage beantwortet, inwiefern die von der IAG formulierten Adressatinnen und Adressaten *de facto* erreicht wurden. Die Beantwortung der Fragen zur Wahrnehmung der IAG erfolgt in den darauffolgenden Schritten und führt zu den Problemfeldern, in welchen die IAG und ihre Aktivitäten verortet sind. Anschließend werden die Problembenennungen der IAG in den einzelnen Problemfeldern dargestellt. Dies erfolgt anhand von Beispielen aus den häufigsten Problemfeldern. Zu dieser Darstellung zählt auch, inwiefern die IAG und ihre Tätigkeiten in der Presse positiv wie negativ aufgenommen wurden. Abschließend erfolgt sowohl eine Reflexion der Problemfeldanalyse als auch eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

13.1 Die Problemfeldanalyse – Perspektivwechsel und Modifikationen

Um den Fokus in der Problemfeldanalyse auf Akteure und Akteurinnen und ihre Problembenennungen zu verschieben, werden für die Untersuchung einige Aspekte aus Ansätzen der sozialwissenschaftlichen Diskurs- und Medienanalyse aufgenommen, denn

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

hier kommt dieser Fokus zum Tragen.[6] Dies bietet sich insofern an, als die Problemfeldanalyse selbst Medien zum Gegenstand ihrer Untersuchung hat und sich darüber hinaus in der Problemfeldanalyse einige Elemente aus Ansätzen der Diskurs- und Medienanalyse finden lassen, aber auch wesentliche Unterschiede. Das Konzept Problemfeld ist vergleichbar mit den „Werkzeugen" der Diskurs- und Medienanalyse, wie Deutungsrahmen, *frames* oder Problematisierungen.[7] In beiden geht es darum, „Probleme", Rahmungen, Problemdefinitionen oder Problemdeutungen herauszuarbeiten. Im Unterschied zur Problemfeldanalyse der IAG wird in der Diskurs- und Medienanalyse etwa weiterführend untersucht, welche Akteure und Akteurinnen in den Diskursen zu Wort kommen und welche nicht oder welche Problemdefinitionen dominieren und sich durchsetzen, welche Lösungsvorschläge damit einhergehen oder welche nicht (mehr) thematisiert werden (Diekämper, 2011: 20/40; Schäfer, 2008b: 370). Auch die Rolle von Journalistinnen und Journalisten als „Reflektionsorgan" (Diekämper, 2011: 21) kann untersucht und Fragen dazu, wie und welche Themen überhaupt medial aufgenommen werden, können gestellt werden. Kurz gesagt geht es darum, zu verstehen, wie sich ein Diskurs in den Medien formiert. Wesentlich in sozialwissenschaftlichen Ansätzen ist seit der konstruktivistischen Wende der 1970er Jahre die Annahme, „dass Medienberichterstattung die Wirklichkeit nicht simpel abbildet, sondern eine sozial geprägte Konstruktion darstellt, die eine medienspezifische Variante der Realität konstruiert" (Schäfer, 2008b: 368). Entsprechend geht es also um die Untersuchung von Mediendiskursen oder einer *medialen* Öffentlichkeit. Es wird davon ausgegangen, dass Mediendiskurse die gesellschaftliche oder individuelle Wahrnehmung bestimmter Themen beeinflussen können, sie aber nicht eins zu eins darstellen (vgl. Schäfer, 2008b: 372; Diekämper, 2011: 19). In der Problemfeldanalyse wiederum wird davon ausgegangen, dass Problemfelder in der „öffentlichen Wahrnehmung" bestehen, sich diese also aus der Berichterstattung ableiten lässt. Im Ansatz der Problemfeldanalyse wird die Annahme einer Wirklichkeit sichtbar – die Wirklichkeit der „öffentlichen Wahrnehmung": Es

6 Ansätze sind bspw. das „Agenda-Building"-Modell oder der „Medienkonstruktivismus". Dem Konzept des Agenda-Building zufolge wird „Was in den Massenmedien erscheint, [...] vorrangig durch die Aktivitäten von extramedialen Akteuren und durch deren an die Massenmedien gerichtete Kommunikationen erklärt". Im Medienkonstruktivismus wird „Berichterstattung vornehmlich als Konstruktionsleistung von Journalisten, die die Kommunikationen extramedialer Akteure nicht spiegeln, sondern nach eigenen Kriterien verändern" verstanden (Schäfer, 2008a: 211). Zu Diskursanalysen in den Massenmedien siehe bspw. Schäfer (2008), zum Mediendiskurs im Bereich Präimplantationsdiagnostik siehe bspw. Diekämper (2011).

7 Zur Diskurs- und *frame*-Analyse siehe weiterführend Braun (2014 und 2015). Zu Problematisierungen am Fallbeispiel des Diskurses um Stammzellforschung oder Ethikinstitutionen siehe Herrmann (2009) und Könninger (2016).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

geht darum, Problemfelder zu identifizieren, „die öffentlich [...] diskutiert und breitenwirksam wahrgenommen werden“ (Diekämper/Hümpel, 2015: 17). In dieser Perspektive ist die „öffentliche Wahrnehmung“ linear aus der Berichterstattung ableitbar. Dies zeigt sich auch in dem weiteren Schritt, der in der Problemfeldanalyse vorgenommen wird: Die Problemfelder werden in das Koordinatensystem, den Orientierungsrahmen überführt, der „eine übergeordnete, gesamtgesellschaftliche Sicht auf die Entwicklungen innerhalb der jeweiligen Themengebiete“ ermöglichen soll.[8] Ziel ist es also, aus Problemfeldern in der „öffentlichen Wahrnehmung“, die sich linear aus der Berichterstattung ableiten lässt, eine „gesamtgesellschaftliche Sicht“ darzustellen. Dass Problemfelder in der Medienberichterstattung identifizierbar sind, eint Diskurs- und Medienanalysen mit der Problemfeldanalyse; die Vorstellung, dass sich in den Medien die öffentliche Wahrnehmung als Realität abbildet, trennt sie. Da die Problemfeldanalyse davon ausgeht, dass die Medienberichterstattung die öffentliche Wahrnehmung abbildet, muss sie nicht notwendigerweise untersuchen, wie eine „medienspezifische Variante der Realität konstruiert“ wird (Schäfer, 2008b: 368), wie sich diese Wahrnehmung überhaupt durch die Medien formiert oder wie Mediendiskurse gestaltet sind, wie Themen in die Medien kommen und entsprechend, wer und wie darin zu Wort kommt.

Gerade um bilanzierend zu verstehen, wie die IAG und ihre Tätigkeiten auch kritisch hinterfragt werden, ist es notwendig, Journalisten und Journalistinnen auch als „Reflexionsorgan“ aufzufassen. Für dieses Kapitel können sicherlich nicht alle Aspekte aus Ansätzen der Medienanalyse berücksichtigt werden, es soll aber in dieser Perspektive gedacht werden. Wesentlich ist, dass im Folgenden davon ausgegangen wird, dass es sich nicht um die Wahrnehmung der IAG in der Öffentlichkeit handelt, sondern in einer medialen Öffentlichkeit, in der bestimmte Problembenennungen der IAG aufgenommen werden. Diese Öffentlichkeit formiert sich unter anderem auch durch die Rolle von Journalisten und Journalistinnen oder Redaktionen und ihren Deutungen.

8 Ebd.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

13.2 Das Textkorpus

Für die Untersuchung wurde ein Textkorpus bestehend aus Print- und Online-Artikeln erstellt und mittels der Analysesoftware MAXQDA quantitativ-qualitativ ausgewertet.[9] Der Untersuchungszeitraum ist von 2001–2017. Im Unterschied zu den bisher erstellten Textkorpora für die Problemfeldanalysen, für welche ausschließlich auflagenstarke, überregionale Zeitungen und Zeitschriften herangezogen wurden,[10] wird für dieses Textkorpus eine Erweiterung vorgenommen. Um den vollen Umfang des Medienechos erfassen zu können, werden sämtliche Publikationsorgane aufgenommen, die die IAG und ihre Tätigkeiten nachvollziehbar rezipieren. Das Textkorpus umfasst sowohl Zeitungs- als auch (Fach-)Zeitschriften- und Fachzeitungsartikel. Es wurde anhand der Kategorien Zeitungen sowie (Fach-)Zeitschriften und Fachzeitungen aufgeteilt (siehe Übersichtstabellen im Anhang zu diesem Kapitel). Einige der Artikel sind nicht nur gedruckt, sondern auch online erschienen. Diese sind in den Übersichtstabellen entsprechend markiert. Die Zeitungsartikel setzen sich sowohl aus regional als auch aus überregional erscheinenden Zeitungen zusammen. Es handelt sich um 75 Artikel. 13 davon sind nur gedruckt, vier nur online, 58 print und online erschienen. Die (Fach-) Zeitschriften und Fachzeitungen zählen 31 Artikel. Davon sind 18 Artikel nicht nur print, sondern auch online erschienen, nur online acht und nur print fünf. Insgesamt betrachtet wird die IAG im Untersuchungszeitraum in insgesamt 106 Zeitschriften- und Zeitungsartikeln rezipiert. Werden die Artikel doppelt gezählt, die sowohl print als

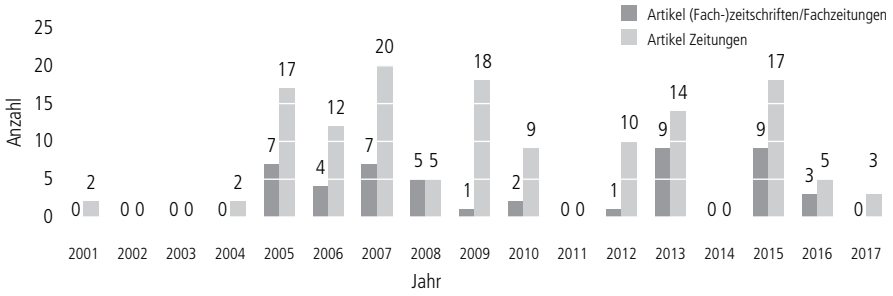
9 Zur Erstellung des Textkorpus wurde in einem ersten Schritt auf die Dokumente aus dem „Medienecho“ auf der Webseite der IAG (siehe unter: http://www.gentechnologiebericht.de/gen/pressemedien/medienecho [15.11.2017]) zurückgegriffen. Diese wurden im zweiten Schritt durch eine Nachrecherche in den jeweiligen Online-Archiven der Publikationsorgane sowie in der Online-Datenbank „wiso“ (siehe unter: https://www.wiso-net.de [15.11.2017]), über die auf Volltexte aus Tages- und Wochenpresse zugegriffen werden kann, ergänzt. Recherchiert wurde mit den Stichworten „Gentechnologiebericht“ sowie „interdisziplinäre Arbeitsgruppe“ und „Arbeitsgruppe“ in Zusammenhang mit „Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften“. Diese Aufschlüsselung in verschiedene Stichworte ergab sich aus der Rechercheпraxis: „interdisziplinäre“ wurde nicht unbedingt benannt, teils von einer Arbeitsgruppe der BBAW gesprochen. Die Rechercheergebnisse wurden entsprechend dahingehend inhaltlich überprüft, ob es sich um die IAG *Gentechnologiebericht* der BBAW handelte bzw. um Mitglieder der IAG, die als Repräsentanten und Repräsentantinnen der IAG rezipiert wurden. Ausgenommen aus der Untersuchung waren Artikel der wissenschaftlichen Mitarbeiter/-innen der Geschäftsstelle, da ihre inhaltlichen Arbeiten keine Rezeption der Arbeit der IAG darstellen.

10 In der „herkömmlichen“ Problemfeldanalyse werden in das Textkorpus auch Stellungnahmen und Webseiten aufgenommen, die aus einer Internetsuche resultieren – jeweils die ersten zehn Ergebnisse. Ergebnisse einer Internet-Suche wurden für diese Untersuchung nicht mit aufgenommen, da die ersten zehn Ergebnisse, über die Webseiten der IAG und der BBAW hinaus, keine anderen Ergebnisse liefern.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

auch online publiziert wurden, resultiert daraus die Summe von 196.[11] Im Zeitverlauf gesehen, ergibt sich folgendes Bild zur Presseresonanz:

Abbildung 1: Artikel (print und online), die die IAG und ihre Tätigkeiten rezipieren (Anzahl pro Jahr in Zeitungen und (Fach-)Zeitschriften und Fachzeitungen unterteilt)



13.3 Das Medienecho: ein erster Überblick

Die Frage, wie es dazu kommt, dass ein Thema in den Medien aufgegriffen wird oder bestimmte Akteure und Akteurinnen zu Wort kommen, kann unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte beantwortet werden. Es kann der Nachrichtenwert, eine Kontroverse und/oder die Prominenz der beteiligten Akteurinnen und Akteure sein. Ebenso können es langfristige Implikationen eines Ereignisses sein. So kann also das Klonieren eines Schafs, Diskussionen um Gesetzesänderungen oder eine Äußerung der Bundeskanzlerin das Thema Gentechnologie und/oder eine Akteurin oder einen Akteur in die Medien „befördern".[12] Auch die Ressourcen von Akteurinnen und Akteuren, Öffent-

11 Ob insbesondere die Online-Artikel zur selben Zeit veröffentlicht wurden wie die Printartikel, ist nicht nachvollziehbar. Praxis ist, dass Artikel erst später online gestellt werden. In die Abbildung aufgenommen wurden solche Artikel, die im Recherchezeitraum (November 2017 bis Januar 2018) online standen.

12 Ein Beispiel: Der Soziologe Mike S. Schäfer erklärt im Kontext seiner Analyse zur Medialisierung der Stammzellforschung für die Jahre 1997 bis 2003, dass diese Forschung von vielen Akteuren und Akteurinnen sowohl als anwendungsnah als auch als ethisch und moralisch problematisch betrachtet wurde. Zudem knüpften die Diskussionen an das umstrittene Thema des Schwangerschaftsabbruchs an und einige der alten Fronten wurden erneut sichtbar. Viele Akteure und Akteurinnen wie NGOs, Kirchen, Parteien oder Wissenschaftler/-innen etc. bemühten sich, zur Sprache zu kommen. Dies wiederum machte das Thema journalistisch interessant, denn gesellschaftliche Grundsatzfragen wie die Menschenwürde wurden thematisiert und bedeutende Repräsentanten und Repräsentantinnen meldeten sich zu Wort (Schäfer, 2008a: 220 f.).

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

lichkeitsarbeit zu betreiben, können eine Rolle spielen, die Kürzungen in den Printmedien, auch in den Wissenschaftsressorts, und nicht zuletzt die zunehmende Nutzung von Online-Medien (Schäfer, 2008a: 219 ff.; Schäfer et al., 2015: 23). Welche Themen oder Akteurinnen und Akteure medial aufgenommen werden, wie es zu einem Anstieg oder Rückgang des Medienechos kommt, bedarf also einer systematischen Analyse. Auch wenn an dieser Stelle weitere Untersuchungen nötig wären, können vor dem Hintergrund der quantitativ-qualitativen Auswertung für den Untersuchungszeitraum 2001–2017 einige Aussagen dazu getroffen werden, welche Tätigkeiten der IAG (Publikationen und Veranstaltungen) zu einer Medienresonanz beitrugen und worauf sich bezogen wird:

Der erste deutliche Anstieg der Medienbeiträge im Jahr 2005 (siehe Abb. 1), die die IAG und ihre Tätigkeiten rezipieren, korrespondiert mit dem ersten Gentechnologiebericht (Hucho et al., 2005). Zuvor findet die IAG zum ersten Mal im Jahr 2001 im Kontext einer Stellungnahme der BBAW zu reproduktivem Klonieren beim Menschen[13] Erwähnung sowie in einem Beitrag zur Geschichte der BBAW im Jahr 2004. Ein Jahr nach dem ersten deutlichen Anstieg des Medienechos durch den ersten Gentechnologiebericht erscheint mit etwas weniger Presseresonanz der erste Themenband zur Stammzellforschung (Wobus et al., 2006). Dieser Themenband erhält auch insofern weniger Resonanz als in diesem Jahr weiterhin auf den Gentechnologiebericht von 2005 Bezug genommen wird. Im Jahr 2007 wird die IAG quantitativ am deutlichsten rezipiert. Hier erscheinen zwei Themenbände, einer zur grünen Gentechnologie (Müller-Röber et al., 2007) und ein weiterer zur Gendiagnostik (Schmidtke et al., 2007). Der Anstieg ist auf beide Publikationen inklusive der entsprechenden Veranstaltungen (Buchpräsentationen) zurückzuführen, wobei der Themenband und die Veranstaltung zur grünen Gentechnologie etwas häufiger benannt werden als der Band und die Veranstaltung zur Gendiagnostik. Im Vergleich geringere Aufmerksamkeit gewinnt der Themenband zur Gentherapie im Jahr 2008 (Hucho et al., 2008), während der zweite Gentechnologiebericht (Müller-Röber et al., 2009), der im folgenden Jahr erscheint, inklusive der Pressekonferenz, wiederum beinahe ebenso viel Aufmerksamkeit erhält wie sein Vorgänger aus dem Jahr 2005. Obwohl die IAG im Jahr 2010 nichts publiziert, wird sie in der Presse rezipiert. Hier ist es sowohl der Gentechnologiebericht aus dem Vorjahr als auch zwei von mehreren Veranstaltungen, auf die Bezug genommen wird. Die aktualisierte Version des Themenbands „Gentherapie", die 2011 erscheint (Fehse/Domasch, 2011), führt allerdings im Gegensatz zur ersten Version 2008 zu keiner Resonanz in den untersuchten Medien, auch die

13 Weitere Informationen zu dieser Stellungnahme finden sich unter https://idw-online.de/de/news?print=1&id=36867 [24.05.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

beiden Veranstaltungen nicht, die in diesem Jahr durchgeführt werden. Diese „mediale Pause“ hält nur kurz, im Jahr 2012 ist es vor allem die Veranstaltung zu Gendiagnostik, die zu Presseresonanz führt. Im Schatten steht die Veröffentlichung des Themenbands zur synthetischen Biologie (Köchy/Hümpel, 2012). Mehr Aufmerksamkeit in der Presse erhält der Themenband zur grünen Gentechnologie im Jahr darauf (Müller-Röber et al., 2013). 2014 erscheint keine Publikation der IAG und auch die drei durchgeführten Veranstaltungen sorgen nicht für ein Medienecho. Anders in den Folgejahren: 2015 erscheint sowohl der dritte Gentechnologiebericht (Müller-Röber et al., 2015) als auch die „Analyse zur Genomchirurgie beim Menschen“ (Reich et al., 2015) und 2017 der Themenband zur Epigenetik (Walter/ Hümpel, 2017). Während der dritte Gentechnologiebericht sowie die Broschüre „Analyse zur Genomchirurgie“ und insbesondere die Veranstaltungen in der Gesamtsicht für ebenso viel Medienecho sorgen wie die beiden Publikationen im Jahr 2007, sinkt das Medienecho im Kontext des Themenbereichs Epigenetik.

Über die Jahre betrachtet zeigt sich, dass so manche Publikation nicht allein im Erscheinungsjahr in der Presse rezipiert wird, sondern durchaus nachhaltig wirkt. Betrachtet man die qualitativ-quantitativen Auswertungsergebnisse nicht über die Jahre, sondern im Hinblick auf die Tätigkeiten der IAG (Publikationen und Veranstaltungen), zeigt sich Folgendes: Die Aufmerksamkeit in der Presse korrespondiert im Wesentlichen mit den Publikationen der IAG und Veranstaltungen, die im Kontext einer Publikation standen (bspw. Pressekonferenzen und Buchpräsentationen). Insgesamt 32 Mal finden Publikationen der IAG Erwähnung, fast ebenso häufig zugehörige Veranstaltungen – sie werden in 28 Artikeln rezipiert. Auf weitere Veranstaltungen, die nicht im Kontext einer Publikation stehen, wird zwölf Mal Bezug genommen und auf die beiden Stellungnahmen sieben Mal. Zwei weitere Male wird die Broschüre „Analyse zur Bewertung der Genomchirurgie beim Menschen“ (Reich et al., 2015) nicht als Analyse, sondern als Stellungnahme der IAG rezipiert.

13.4 Von *Abendblatt* bis *Die Zeit*: Wer wurde erreicht?

In welchen Zeitungen sowie (Fach-)Zeitschriften und Fachzeitungen werden die IAG und ihre Tätigkeiten am häufigsten rezipiert und was kann zur jeweiligen Leserschaft, zu den medialen Öffentlichkeiten, gesagt werden? Auf diese Fragen wird im Folgenden eingegangen. Daran anschließend wird in Anlehnung an die Leserschaften abgeleitet, welche von der IAG formulierten Adressatinnen und Adressaten (NGOs, betroffene Fach- und Berufsverbände, Entscheidungsträger/-innen in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft, die interessierte Öffentlichkeit sowie Multiplikatoren und Multiplikato-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

rinnen) erreicht wurden. Dies ist sicherlich nur eine Tendenz, da nicht gesagt werden kann, wer welche Artikel *de facto* liest.

In den überregionalen und auflagenstarken Zeitungen wird die IAG am häufigsten in Artikeln folgender Zeitungen erwähnt (genannt werden die drei größten Zahlen): *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (*F.A.Z.*) mit sieben, *Neues Deutschland* (*ND*) mit sechs sowie *Die Welt* und *Die Zeit* mit je fünf Artikeln. In den Regionalzeitungen „führt" *Der Tagesspiegel* (mit 20 Artikeln) und die *Berliner Zeitung* (mit sechs Artikeln). Es folgen die *Märkische Allgemeine*, die *Berliner Morgenpost* und das *Hamburger Abendblatt* mit je drei Artikeln. Es zeichnet sich ab, dass die IAG in Zeitungsartikeln rezipiert wird, die einer breiten Leserschaft zugänglich sind: Die überregionalen Tageszeitungen *F.A.Z.*, *ND* und *Die Welt* zählen zu den Zeitungen in Deutschland, die in den Auflagenkategorien Abo- und Einzelverkauf sehr stark sind, ebenso die Wochenzeitung *Die Zeit*.[14] Ausgehend von den überregionalen Tages- und Wochenzeitungen, die die IAG am meisten rezipieren, setzt sich die Leserschaft insbesondere aus einem (bürgerlich-)konservativen (*F.A.Z., Die Welt*),[15] einem bürgerlich-liberalen (*Die Zeit*)[16] und einem linken Spektrum (*ND*)[17] zusammen. Bei den regionalen Tageszeitungen zeigt sich, dass insbesondere die Leserschaft im Großraum Berlin erreicht wurde.[18]

Auch in den (Fach-)Zeitschriften und -Zeitungen, welche die IAG und ihre Tätigkeiten rezipieren, zeichnet sich eine breite und diverse Leserschaft ab. In den Zeitschriften wird die IAG im Gen-ethischen Informationsdienst (*GID*), der Fachzeitschrift der NGO Gen-ethisches Netzwerk e. V. (GeN) (siehe Spotlight 1), am häufigsten rezipiert und zwar in 11 Artikeln. Es folgt das *Deutsche Ärzteblatt* mit drei Artikeln und mehrere (Fach-)Zeitschriften und -Zeitungen, die die IAG über die Zeit jeweils in einem Artikel erwähnen. Hierzu zählen beispielsweise die *Apotheken Umschau*, der *Focus* und die Zeitschrift *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, Vorgängerin der *Zeitschrift für*

14 Im Jahr 2017 bspw. stand laut Meedia, einem Medien-Branchendienst, die *F.A.Z.* an dritter Stelle, *Die Welt* an vierter und das *ND* an siebter Stelle. Die Wochenzeitung *Die Zeit* stand in der Kategorie Sonntags- und Wochenzeitungen an zweiter Stelle. Siehe unter: http://meedia.de/2017/07/19/ivw-analyse-zeitungen-bild-und-bams-verlieren-weitere-9-die-zeit-und-kleinere-wochenzeitungen-legen-zu/ [01.03.2018].

15 Siehe unter: https://www.goethe.de/de/kul/med/20364797.html [02.03.2018].

16 Siehe unter: https://www.goethe.de/de/kul/med/20365474.html [02.03.2018].

17 Siehe unter: http://www.deutschlandfunk.de/70-jahre-neues-deutschland-konstruktiv-kritisches.761.de.html?dram:article_id=352251 [02.03.2018].

18 *Der Tagesspiegel*, die *Berliner Zeitung* und die *Berliner Morgenpost* zählen 2016 in Berlin laut dem Medienbranchendienst Meedia zu den größten Tageszeitungen: *Der Tagesspiegel* steht auf Platz eins, die *Berliner Zeitung* auf Platz drei und die *Berliner Morgenpost* auf Platz fünf. Siehe unter: http://meedia.de/2016/08/02/die-auflagen-der-78-groessten-regionalzeitungen-massive-verluste-in-berlin-und-im-boulevard/ [01.03.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis. Die Leserschaft der Fachzeitschrift *GID*, die seit 1985 erscheint, umfasst nach eigenen Angaben insbesondere NGOs und Einzelpersonen aus den Bereichen Ökologie, Gen- und Reproduktionstechnologie sowie Wissenschaftler/-innen verschiedener Disziplinen. Darüber hinaus werden Multiplikatoren und Multiplikatorinnen erreicht wie zum Beispiel Journalisten und Journalistinnen, Zeitungsredaktionen und Bibliotheken.[19] Das Vereinsziel des GeN ist laut Satzung, die Öffentlichkeit über Forschungsziele, wissenschaftliche Entwicklungen, Anwendungen und Alternativen in den Bereichen Gen-, Bio- und Reproduktionstechniken sowie deren soziale und ökologische Implikationen zu informieren. Der Verein „stellt ein kritisches Gegengewicht dar zu den interessenorientierten Selbstdarstellungen aus Wissenschaft, Industrie und Politik" (GeN, 2001: 1) mit dem Ziel der „Demokratisierung von Wissenschafts- und Technologiepolitik", wie es auf der Webseite heißt.[20] Mit der Leserschaft des GeN wird insbesondere ein (kritik-)interessiertes (Fach-)Publikum erreicht. Das *Deutsche Ärzteblatt*, eine medizinische Fachzeitschrift, ist das Publikationsorgan der Bundesärztekammer (BÄK) und der Kassenärztlichen Bundesvereinigung. Die Zeitschrift erscheint wöchentlich und wird an alle Ärztinnen und Ärzte in Deutschland verschickt. Vor diesem Hintergrund lässt sich ableiten, dass die IAG also auch von einem Berufsverband, der BÄK, wahrgenommen wird und somit der Berufsgruppe der Ärztinnen und Ärzte. Mit der *Apotheken Umschau*, dem für Kundinnen und Kunden in Apotheken kostenlos ausliegenden, populärwissenschaftlichen Gesundheitsmagazin, wird eine ausgesprochen große und breite Leserschaft erreicht: Das Magazin zählt nach Angaben des Verlags knapp 20 Millionen Leser/-innen.[21] Der *Focus* gehört zu den reichweitenstärksten deutschen Wochenmagazinen.[22] Zielpublikum des Nachrichtenmagazins sei, so heißt es 1992 zur Markteinführung der Zeitschrift von Verleger und Geschäftsführer, eine „Info-Elite, jene Männer und Frauen, die sich durch ihr aktives Informationsverhalten und insbesondere durch ihre Informationsintensität in der Gesellschaft, in der Politik und im Beruf auszeichnen" (*Handelsblatt*, 1992: 26). Bei der wissenschaftlichen Zeitschrift *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, wie auch bei ihrer Nachfolgerin *Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis* handelt es sich um ein zentrales Publikationsorgan im interdisziplinär ausgerichteten Feld der

19 Antwort des GeN per E-Mail vom 09.03.2018. Siehe auch Gerhards/Schäfer, 2006: 225.

20 Siehe unter: https://www.gen-ethisches-netzwerk.de/ueber-uns [01.03.2018].

21 Siehe unter: https://www.wortundbildverlag.de/Gesundheitsmedien/Apotheken-Umschau-Apotheken-Umschau-4919.html [02.03.2018].

22 Siehe unter: http://meedia.de/2018/01/24/print-ma-spiegel-stern-und-focus-verlieren-zusammen-fast-1-mio-leser-gala-wird-mit-fettem-plus-zum-neuesten-ma-wunder/ [02.03.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Technikfolgenabschätzung. Die Zeitschrift richtet sich nach eigenen Angaben an einen Leserkreis aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und interessierter Öffentlichkeit.[23]

Zusammengefasst und abgeleitet aus den Leserschaften der jeweiligen Zeitungen sowie (Fach-)Zeitschriften und -Zeitungen werden die von der IAG formulierten Adressaten und Adressatinnen – NGOs, betroffene Fach- und Berufsverbände, Entscheidungsträger/-innen in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft, interessierte Öffentlichkeit sowie Multiplikatoren und Multiplikatorinnen – im Wesentlichen erreicht. Dass Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, sprich in erster Linie Journalistinnen und Journalisten, erreicht wurden, zeigt sich am Medienecho insgesamt: Sie haben die IAG und ihre Tätigkeiten wahr- und in Form von Artikeln aufgenommen. Darüber hinaus wurden Berufsverbände wie die BÄK erreicht oder NGOs wie das GeN und mit Letzterem insbesondere eine kritikinteressierte Öffentlichkeit. Vermittelt durch die Artikel der Multiplikatoren und Multiplikatorinnen wurde wiederum eine breite und vielfältige Leserschaft beziehungsweise Adressatinnen und Adressaten erreicht. Dies kann anhand der Auflagenstärke der Zeitungen abgeleitet werden, wie auch anhand der politischen Orientierungen der Leserschaft. In der Zusammensicht zählen zum Zielpublikum der Zeitschriften und Zeitungen NGOs, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Ärzte und Ärztinnen, die interessierte Öffentlichkeit, Wirtschaft und Politik.

13.5 Die mediale Deutung der IAG: An der Schnittstelle von Wissenschaft, Politik und Medizin

Nicht nur werden die IAG und ihre Tätigkeiten in ganz unterschiedlichen Medien abgebildet, auch sind die Artikel in den Zeitungen und Zeitschriften in verschiedene Ressorts „einsortiert". Versteht man dieses Einsortieren als Art und Weise der Deutung der IAG und ihrer Tätigkeiten, zeigt sich anhand der 106 Artikel Folgendes: 54 der Artikel sind im jeweiligen Ressort der Zeitschrift oder Zeitung „Wissenschaft und Forschung" erfasst. Sieben der Artikel im Ressort „Politik", darunter auch Gesundheits- und Innenpolitik. Sechs Artikel erscheinen im Ressort „Medien" (Bücher, Rezensionen), fünf Artikel im Ressort „Gesundheit und Medizin"; vier im Ressort „Wirtschaft, Soziales und Umwelt" und zwei der Artikel standen auf der Titelseite und waren entsprechend Tagesthema.[24] Das Ressort „Medien" und die Titelseiten ausgenommen, zeigt sich in dieser Perspektive, dass die IAG und ihre Tätigkeiten an der Schnittstelle von Wissen-

23 Siehe unter: http://www.tatup-journal.de/die_zeitschrift.php [02.03.2018].

24 Die restlichen Artikel waren keinem Ressort zugeordnet.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

schaft, Politik und Medizin gedeutet werden, mit einem Schwerpunkt auf dem wissenschaftlichen Deutungsrahmen.

13.6 Die IAG in der medialen Wahrnehmung: In welchen Problemfeldern ist die IAG verortet?

Mittels der Problemfeldanalyse identifiziert die IAG seit 2011 anhand von Print- und Online-Medien Problemfelder, die in der „öffentlichen Wahrnehmung" zu Gentechnologien zum Tragen kommen. Der Untersuchungsfokus liegt wie erwähnt auf „Problemen" und nicht zudem auf Akteurinnen und Akteuren, wie der IAG. Wird der Fokus nun erweitert, zeigen sich folgende Problemfelder, in welchen die IAG verortet ist. Quantitativ betrachtet ergibt sich folgende Reihung – die Problemfelder, die am häufigsten auftauchen, werden zuerst genannt: „Steuerung medizin-wissenschaftlicher Entwicklungen", „Rechtsrahmen", „Forschungsstandort Deutschland", „Öffentliche Wahrnehmung", „Anwendungshorizonte", „Ethische Implikationen", „Kommerzialisierung", „Gesundheitliche Risiken", „Ökologische Vorteile/Nachhaltigkeit", „Braindrain", „Realisierung medizinischer Zielsetzungen", „Soziale Implikationen" und „Status Embryo". Tabelle 1 in Kapitel 11 erläutert die Problemfelder ausführlich, sie werden im Folgenden aber inhaltlich kurz dargestellt.

13.7 Ein fragmentarischer Gang durch die Problemfelder

Anhand der vier Problemfelder, in welchen die IAG über die Zeit quantitativ gesehen am deutlichsten verortet ist, wird nun exemplarisch auf die thematisierten Problembenennungen der IAG eingegangen. Ist eine Problembenennung mit einer weiteren aus einem anderen Problemfeld verbunden, wird dies, um die Problembenennungen der IAG zu verdeutlichen, aufgeführt. Berücksichtigt wurden zudem die positiven wie negativen Interpretationen in der Medienberichterstattung. Die Beispiele werden im Kontext der jeweiligen Gentechnologien dargestellt, dies dient der Verständlichkeit, ein Anspruch auf Vollständigkeit wird nicht erhoben.

Im Problemfeld „Steuerung medizin-wissenschaftlicher Entwicklungen" ist die IAG in den Artikeln am häufigsten identifizierbar. Dieses Problemfeld beinhaltet alle Steuerungsmechanismen und die Diskussionen darüber, (auch) jenseits der direkten Steuerung durch Gesetze. Hierzu zählen Thematisierungen indirekter Steuerungsmechanismen wie etwa Moratorien oder Kommissionen. Ein Beispiel: Im Jahr 2013 bieten sowohl der Deutsche Ethikrat als auch die BBAW unter Mitwirkung der IAG durch ihre konträren Stellungnahmen zur genetischen Diagnostik Anlass zur Berichterstattung

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

(Deutscher Ethikrat, 2013; BBAW, 2013). „Ethik war gestern. Jetzt kommt die Akademie" titelt die *F.A.Z.* (2013: N1). Anhand der Stellungnahme des Ethikrats sei vor allem klargeworden, so heißt es, dass die „explosionsartige Vermehrung genetischer Information" die „Gesellschaft als Ganzes vor schwierige Fragen" stelle. Der Ethikrat rufe dazu auf, „einem einseitig genetisch-biologistischen Krankheitsverständnis entgegenzuwirken" und sehe den Staat in der Verantwortung, gegen den Missbrauch gendiagnostischer Tests vorzugehen. Ein „biologistisches Gegenkonzept" dazu sei die Stellungnahme der BBAW. Der Staat werde hier als Wegbereiter für ein „bevölkerungsweites ‚Genetic Information Management' [Herv. i. O.] gesehen" (*F.A.Z.*, 2013: N1). „Es kommt darauf an, wen man fragt", folgert *Die Zeit* zu diesen gegensätzlichen Stellungnahmen (*Die Zeit*, 2013: 31). Thematisiert wird die Empfehlung der BBAW an den Gesetzgeber, durch ein „Genetic Information Management" (*F.A.Z.*, 2013: N1) den Umgang mit genetischen Daten zu steuern. An diesem Beispiel wird auch die Rolle von Journalisten und Journalistinnen als „Reflektionsorgan" deutlich. Anhand der Darstellung konträrer Stellungnahmen zeigt sich etwa, dass unterschiedliche Positionen verschiedener Akteurinnen und Akteure im Bereich der Gentechnologie medial wahrgenommen, reflektiert und für die Leserschaft thematisiert werden – „Es kommt darauf an, wen man fragt" (*Die Zeit*, 2013: 31). Wie es dazu kommt, dass dieses Thema und die Akteurinnen oder Akteure medial interessieren, ist eine weiterführende Frage. An der Stelle, so lässt sich vermuten, sind es die konträren Stellungnahmen von zwei prominenten Akteuren beziehungsweise Akteurinnen, der Deutsche Ethikrat und die IAG *Gentechnologiebericht*, die zufällig zum selben Zeitpunkt erscheinen. Auch zeichnet sich dieses Ereignis durch langfristige, gesellschaftliche Implikationen aus, dem Krankheitsverständnis und dem Umgang mit genetischen Daten und Informationen. Ein weiteres Beispiel aus dem Problemfeld „Steuerung": Im Zusammenhang mit der grünen Gentechnologie wird in *die taz* auf den Gentechnologiebericht von 2009 Bezug genommen. Hintergrund ist das Anbauverbot von genetisch veränderten Pflanzen in Deutschland trotz Aufhebung des entsprechenden EU-Moratoriums. „Der BBAW-Bericht kritisiert hier vor allem die Politik", so heißt es, und weiter: „Für die BBAW-Autoren ist klar: Potenzielle Risiken müssen immer im Einzelfall bei der Zulassung überprüft werden" (*die taz*, 2009: 18). Nicht via Verbot, sondern Prüfung im Einzelfall soll der Anbau von genetisch veränderten Pflanzen gesteuert werden. Die Problembenennung der IAG ist an der Stelle mit „gesundheitlichen Auswirkungen" verknüpft und somit mit dem Problemfeld „gesundheitliche Risiken". Hier wird die IAG wie folgt rezipiert und zitiert: „Grundsätzliche Einwände gegen transgene Pflanzen akzeptieren die BBAW-Forscher jedoch nicht. Denn schließlich existierte auch nach über einem Jahrzehnt ihrer Nutzung „kein Beleg dafür, dass transgene Pflanzen besonders negative gesundheitliche Auswirkungen besitzen" (*die taz,* 2009: 18). Noch

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

einmal zurück zu dem Problemfeld „Steuerung". Die IAG wird als Akteurin wahrgenommen, die bestimmte Vorstellungen von Steuerung vertritt. Sie „kritisiert die Politik" (*die taz*, 2009: 18) nicht nur, sondern empfiehlt ihr auch, wie die Entwicklungen bestimmter Gentechnologien gesteuert werden sollten. So heißt es im Kontext der Stellungahme zur Stammzellforschung, an der sie gemeinsam mit der Nationalen Akademie der Wissenschaften, Leopoldina, beteiligt war: „Die Akademien empfehlen der Politik [...], das gesamte Gebiet der Stammzellforschung verstärkt zu fördern, auch die Arbeit an embryonalen Stammzellen" (*Die Zeit*, 2009). Es sind nicht allein ihre Vorstellungen von Steuerung, die wiedergegeben werden, auch die IAG selbst wird in der Presse als steuerndes Gremium wahrgenommen, das teils kritisch hinterfragt wird. Die Kritik an der Art der Steuerung erfolgt etwa über die Zusammensetzung der IAG, die als einseitig (natur-)wissenschaftlich wahrgenommen wird und der eine entsprechende Interessenvertretung zugeordnet wird: „Das ist auch nicht zu übersehen, denn fast alle der Autoren sind selbst in der Genforschung aktiv", so *die taz* (2009: 18). Oder wie es an anderer Stelle zur Zusammensetzung der IAG heißt, es handle sich vor allem um „explizite Befürworter der Technologie" (*GID*, 2005). Zu einer anderen Einschätzung kommt die *SZ*, wenn sie meint, „[e]ine unabhängige Gruppe [...] hat nun versucht, [...] anhand objektiver Faktoren" die Gentechnologie „zu bewerten" (*SZ*, 2005: 11). Gegenüber diesen „objektiven Faktoren" oder Fakten, die die IAG anhand von Indikatoren erhebt, sei, wie es wiederum an anderer Stelle heißt, eine „gesunde Skepsis" angebracht (*GID*, 2005) – denn auch Indikatoren werden als Form der Steuerung gesehen: Das „Indikatorendings" (*GID*, 2013: 46) wird im Hinblick auf seine Leerstellen kritisiert und im Hinblick auf die Frage, inwiefern die öffentliche Debatte gesteuert wird. Es fehlen, so heißt es in einem Artikel über den ersten Gentechnologiebericht von 2005, „Indikatoren für [die] Existenz gefährdende Abhängigkeit der armen Bauern der Entwicklungsländer wie zum Beispiel die Verdrängung der regionalen Sorten durch patentierte Pflanzen". Somit, so das Fazit, werden grundlegende Kontroversen marginalisiert. „[D]ie heimliche Strategie des Berichtes [kann] als ‚Konsens durch Ausklammern' [Herv. i. O.] bezeichnet werden" (*GID*, 2006). Er „ist darum als Wegweiser für eine Kompromissfindung in der öffentlichen Debatte nicht hilfreich" (*GID*, 2006). Die Rolle der IAG als Politikberaterin, also Politik anzuregen, zu lenken, sprich zu steuern, wird insgesamt sowohl positiv als auch negativ eingeschätzt: Die IAG käme „zu differenzierten Empfehlungen auch für die Politik. Die nächste Bundesregierung muss sich damit [mit den Empfehlungen] befassen" (*Rheinischer Merkur*, 2005: 16). Oder, wie es im *ND* heißt, der „Diskussionsabend [zu Gendiagnostik] hätte so manchem Politiker bei der Meinungsbildung helfen können" (*ND*, 2010: 2). Kritisch heißt es, die IAG „macht Politik und versucht en passant die Definitionshoheit über die Begrifflichkeiten des Diskurses über das Für und Wider der

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Agro-Gentechnik zu erlangen" (*GID*, 2007: 54). Auch so manche, vereinzelte Äußerungen dazu, wie Gentechnologien, hier die grüne und konkret der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen, politisch besser gesteuert werden könnten, findet Aufmerksamkeit in der Presse. „Soldaten im Genmais", so der Titel in die *Junge Welt* aus dem Jahr 2009. Im Text heißt es, ein Mitglied der IAG hoffe, „daß die schwarz-gelbe Koalition im Sinne des Fortschritts gegen die Feldbesetzer vorgehen wird. Die Bundeswehr könnte ja einige Stützpunkte in Genmaisfelder verlegen." Dies sei „eine adrette Vorstellung", kommentiert der Journalist (*Junge Welt*, 2009: 15).

Auch im Kontext des Problemfelds „Rechtsrahmen" wird die IAG häufig in den Medien wahrgenommen. Es beinhaltet die Bestimmung der rechtlichen Zulässigkeit gentechnischer Verfahren und definiert ihren Einsatz in der wissenschaftlichen Praxis und/oder Formulierung von rechtlichen Rahmenbedingungen. So heißt es bereits im Kontext des ersten Gentechnologieberichts und konkret zur grünen Gentechnologie in der *Berliner Zeitung* unter dem Titel „Akademieforscher legen Gentechnologiebericht vor", die IAG fordere „von der künftigen Bundesregierung eine Novellierung des Gentechnikgesetzes, weil es in der jetzigen Fassung [...] unausgewogen die Gefahren betont und die Chancen vernachlässigt" (*Berliner Zeitung*, 2005: 17). Auch zwei Jahre später im Kontext cisgener Pflanzen – (Nutz-)Pflanzen, denen Abschnitte aus dem Genom entnommen, neu kombiniert und zurückübertragen wurden, um beispielsweise deren Widerstandkraft zu erhöhen – wird die Einschätzung der IAG wie folgt im *Tagesspiegel* wiedergegeben: „Man müsse Regelungen finden, die die Forschung nicht behindern, gleichzeitig aber dem Sicherheitsbedürfnis von Landwirten und Verbrauchern Rechnung tragen" (*Der Tagesspiegel*, 2007: 25). Nicht allein zur grünen Gentechnologie, auch zur Stammzellforschung wird die IAG im Problemfeld „Rechtsrahmen" wahrgenommen, denn, so heißt es in der *Berliner Zeitung*, nach Ansicht der IAG „behindert und blockiert das Stammzellgesetz die Forschung" (*Berliner Zeitung,* 2005: 17). Und im Kontext der Gendiagnostik heißt es 2007: „Die BBAW-Experten plädieren [...] dafür, dass das generelle Verbot der Gendiagnostik an Embryonen aufgehoben wird" (*Ärzte Zeitung*, 2007: 8).

Diese Problembenennung – eine forschungshemmende Gesetzgebung –, die zum Problemfeld „Rechtsrahmen" gehört, ist gerne mit einer weiteren Problembenennung verbunden, die sich im Problemfeld „Forschungsstandort Deutschland" verorten lässt. Auch in diesem Problemfeld ist die IAG in der Presse häufig zu identifizieren. Dazu folgendes Beispiel: „Mit der derzeitigen Rechtslage sei der Forschungsstandort Deutschland und seine Spitzenstellung in diesem Gebiet gefährdet, erklärten die Verfasser einer neuen Studie zur Stammzellforschung. Es drohe Isolation" (*Berliner Morgenpost*, 2006: 8). Ergänzend zu dieser Problemsicht wird die IAG beispielsweise in *Die Welt* wie

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

folgt rezipiert: „Mögliche Innovationspotenziale für die Landwirtschaft bleiben aufgrund des Fehlens einer konsistenten Politik in Deutschland ungenutzt, und auch die Forschung selbst wird behindert. Bereits jetzt droht die Abkopplung der deutschen Anwendungsforschung von internationalen Forschungsprogrammen“ (*Die Welt*, 2009a: 7). Nicht allein die Politik und das Recht wird in diesem Kontext als Problem angesehen, auch zivilgesellschaftliche Proteste in Deutschland: „Die zunehmende Zerstörung von Freilandversuchen hemme die Forschung“, so wird die Sicht der IAG im Kontext der grünen Gentechnologie wiedergegeben (*die taz*, 2009: 18). In diesen Kontext fällt auch das Problemfeld „Braindrain“ – hochqualifizierte Wissenschaftler/-innen verlassen Deutschland aus beruflichen, politischen, wirtschaftlichen oder rechtlichen Gründen. Anlässlich der grünen Gentechnologie wird die IAG hierzu wie folgt rezipiert: „Als Folge drohe Deutschland der dauerhafte Verlust wissenschaftlicher Expertise“ (*Handelsblatt*, 2005: 4).

Das Problemfeld „Öffentliche Wahrnehmung“ thematisiert die Abhängigkeit der Etablierung neuer technologischer Verfahren von der gesellschaftlichen Wahrnehmung. Hier wird die Problemsicht der IAG wie folgt rezipiert: „Genetik“ sei, so wird ein Mitglied der IAG zitiert, „für die meisten Menschen zu kompliziert [...]. Viele Menschen wissen nicht, was ein Gen ist“ (*Der Tagesspiegel*, 2006: 7). Oder, wie die IAG 2009 in *Die Welt* wiedergegeben wird: „Während damals noch die Stammzellenforschung stärker in der Kritik gestanden habe, sei heute die grüne Gentechnik in der Schusslinie, obwohl die grundsätzlichen Einwände auf keiner wissenschaftlichen Begründung basierten“ (*Die Welt*, 2009b: 2). In diesem Problemfeld wird die IAG in den analysierten Medien meist als Akteurin wahrgenommen, die ein Akzeptanzproblem oder Wissensdefizit[25] der Öffentlichkeit sieht.

13.8 Fazit zur medialen Wahrnehmung und Reflexionen zur Problemfeldanalyse der IAG

Die Ziele dieses Kapitels waren mehrschichtig. Sie richteten sich auf die Wahrnehmung der IAG und ihrer Tätigkeiten in der medialen Öffentlichkeit – wie wurde sie rezipiert und von wem? Wurden die formulierten Adressaten und Adressatinnen erreicht? Und, sie richteten sich auf die Problemfeldanalyse.

25 Zur Problematik von Akzeptanz und Wissensdefizit siehe Irwin/Wynne (1996) sowie Diekämper et al. (Kap. 7) und Hampel (Spotlight 4) in diesem Band.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Zur Wahrnehmung der IAG und ihrer Tätigkeiten in der medialen Öffentlichkeit zeigt sich anhand der Ergebnisse aus der quantitativ-qualitativen Analyse, dass die IAG und ihre Tätigkeiten an der Schnittstelle von Wissenschaft, Politik und Medizin gedeutet werden, mit einem Schwerpunkt auf Wissenschaft. Vor allem ihre Publikationen, die in der Presse teils nachhaltig wirken, und damit zusammenhängende Veranstaltungen (Buchpräsentationen, Pressekonferenzen) werden in einer Fülle an Publikationsorganen von einer breiten und diversen Leserschaft rezipiert. Von der Leserschaft ausgehend kann gesagt werden, dass die IAG die formulierten Zielgruppen erreicht: NGOs, betroffene Fach- und Berufsverbände, Entscheidungsträger/-innen in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft, die interessierte Öffentlichkeit sowie Multiplikatoren und Multiplikatorinnen.

Im „fragmentarischen Gang durch die Problemfelder" wurde anhand der häufigsten Problemfelder exemplarisch auf die Problembenennungen der IAG eingegangen. Hier zeigt sich, dass die IAG in der medialen Öffentlichkeit nicht so sehr als „Beobachterin" gentechnologischer Forschungen und Entwicklungen, sondern vor allem als handlungsempfehlendes oder politikberatendes Gremium wahrgenommen wird, insbesondere in Bezug auf die Gesetzgebung, Forschungsförderung und Sicherung der Forschung in Deutschland, teils auch unter Berücksichtigung der „Innovationspotenziale". Das Ziel der IAG, ihre Handlungsempfehlungen an Multiplikatorinnen und Multiplikatoren zu adressieren, ist insofern aufgegangen, als auf diese Empfehlungen Bezug genommen wird. Darüber hinaus zeigt sich, dass die IAG in der Öffentlichkeit ein Akzeptanzproblem oder Wissensdefizit zu Gentechnologie sieht – sie wird also in der medialen Öffentlichkeit als Gremium wahrgenommen, das die Öffentlichkeit als wissensdefizitär wahrnimmt. Als steuerndes Gremium wurde die IAG auch durchaus kritisch betrachtet, insbesondere in Bezug auf die Zusammensetzung und die damit verknüpfte Interessenvertretung wie auch in Bezug auf die Steuerung der öffentlichen Debatte durch die Marginalisierung bestimmter Themen und Indikatoren in den Berichten. Auch die reflektierende Rolle von Journalisten und Journalistinnen wurde beispielhaft deutlich, wie anhand der konträren Stellungnahmen der BBAW und des Deutschen Ethikrats zur genetischen Diagnostik – „Es kommt darauf an, wen man fragt".

Die Verschiebung des Untersuchungsfokus auf die IAG als Akteurin und ihren Problembenennungen bietet im Kontrast zur Problemfeldanalyse eine breitere Perspektive. In dieser Perspektive konnte herausgearbeitet werden, wie die IAG in der medialen Öffentlichkeit wahrgenommen wird, zum Diskurs beiträgt, mit welchen Positionen sie wiedergegeben wird, auch inwiefern sie kritisiert wird. Weiterführend kann (selbst-) reflektierend oder bilanzierend im Hinblick auf die Wissenschaftskommunikation der IAG gefragt werden, ob und inwiefern hier Leerstellen sind, auch wie sie sich zukünf-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

tig füllen lassen. Und nicht zuletzt kann gefragt werden, ob und inwiefern sie in den Medien zu ihrem formulierten Ziel, der Förderung eines „unvoreingenommenen, ergebnisoffenen Diskurses“ beiträgt und weiterführend, inwiefern Zahlen und Fakten in Form von Indikatoren hierzu beitragen.

Im Kontrast zur „herkömmlichen“ Problemfeldanalyse, die letztlich die „öffentliche Wahrnehmung“ abbildet, ermöglicht eine Untersuchungsperspektive, die aus der Diskurs- und Medienanalyse gespeist ist, zu verstehen, wie unser Denk- und Handlungsrahmen über bestimmte Themen medial geprägt ist. Darüber hinaus kann herausgearbeitet werden, auch über die Zeit betrachtet, welche Akteure und Akteurinnen, Problembenennungen und Lösungsvorschläge zu einem bestimmten Thema weniger oder mehr in der medialen Öffentlichkeit repräsentiert sind. Dies sind nicht uninteressante Aspekte im Hinblick auf eine demokratische Wissenschafts- und Technikgestaltung.

13.9 Literatur

Ärzte Zeitung (2007): Gendiagnostik nimmt zu, aber die Beratung ab. Nr. 156, 11.09.2007: 8.

BBAW (2009) = Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften et al.: Neue Wege der Stammzellforschung. Reprogrammierung von differenzierten Körperzellen. BBAW, Berlin. Unter: http://www.bbaw.de/service/publikationen-bestellen/manifeste-und-leitlinien/BBAW_Stammzellforschung.pdf [21.03.2018].

BBAW (2013) = Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften: Stellungnahme zu den neuen Sequenzierungstechniken und ihren Konsequenzen für die genetische Krankenversorgung. BBAW, Berlin. Unter: http://www.bbaw.de/publikationen/stellungnahmen-empfehlungen/Stellungnahmen-Gendiagnostik.pdf [21.03.2018].

Berliner Morgenpost (2006): Gesetzesnovelle zur Forschung an Stammzellen gefordert. Studie der Akademie der Wissenschaften. Nr. 174, 28.06.2006: 8.

Berliner Zeitung (2005): Fakten für eine sachliche Debatte. Akademieforscher legen Gentechnologiebericht vor. Nr. 210. 08.09.2005: 17.

Bosse, A./Köchy, K. (2001): Die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften gründet interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“. In: TA-Datenbank-Nachrichten 2. 10. Jahrgang: 74–77.

Boysen M./Hucho F. (2007): Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht. In: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Jahrbuch 2006. Akademie Verlag, Berlin: 267–271.

Braun, K. (2014): Im Kampf um Bedeutung. Diskurstheorie und Diskursanalyse in der interpretativen Policy Analyse. In: Zeitschrift für Diskursforschung, 1: 77–101.

Braun, K. (2015): Between Representation and Narration. Analyzing Policy Frames. In: Fischer, F. et al. (Hrsg.): Handbook of Critical Policy Studies. Edward Elgar Publishing, Northampton: 441–461.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Der Tagesspiegel (2006): Das Stammzellgesetz wird gelockert. Der Biochemiker Ferdinand Hucho über Gentechnik in Deutschland. Nr. 19078. 19.01.2006: 7.
Der Tagesspiegel (2007): „Bio“ und „Gen“, vereint euch! Berlin-Brandenburgische Akademie: Es gibt viele Gemeinsamkeiten zwischen Gentechnik und Pflanzenzüchtung. Nr. 19480. 06.03.2007: 25.
Deutscher Ethikrat (2013): Die Zukunft der genetischen Diagnostik – von der Forschung in die klinische Anwendung. Stellungnahme, 30.04.2013. Unter: http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/stellungnahme-zukunft-der-genetischen-diagnostik.pdf [13.04.2018].
Die Welt (2009a): Gentechnische „Abkopplung“. Nr. 257, 04.11.2009: 7.
Die Welt (2009b): Gentechnik: Verliert Deutschland in der Forschung den Anschluss? Nr. 257, 04.11.2009: 2.
Die Zeit (2009): Forschung. Embryonale Stammzellen sind weiter unentbehrlich. Unter: http://www.zeit.de/wissen/2009-10/stammzellen-goldstandard [15.12.2017].
Die Zeit (2013): Zu Risiken und Nebenwirkungen... Der Ethikrat will die Bürger vor Genomdiagnostik schützen. Nr. 20, 08.05.2013: 31.
Diekämper, J. (2011): Reproduziertes Leben. Biomacht in Zeiten der Präimplantationsdiagnostik. Transcript, Bielefeld.
Diekämper, J./Hümpel, A. (2012): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Themenband der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“. Forum W, Dornburg.
Diekämper, J./Hümpel, A. (2015): Einleitung. Gentechnologien in Deutschland im Langzeit-Monitoring. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos, Baden-Baden: 13–23.
die taz = die tageszeitung (2009): Genforscher befürchten, abgehängt zu werden. Die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften legt neue Langzeitstudie über Gentechnik vor. Nr. 9032, 06.11.2009: 18.
Domasch, S./Boysen, M. (2007): Problemfelder im Spannungsfeld der Gendiagnostik. In: Schmidtke, J. et al. (Hrsg.): Gendiagnostik in Deutschland. Forum W, Dornburg: 179–188.

Fehse, B./Domasch, S. (Hrsg.) (2011): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Zweite Auflage. Forum W, Dornburg.
F.A.Z. (2013) = Frankfurter Allgemeine Zeitung: Ethik war gestern. Jetzt kommt die Akademie. Die Zukunft der Genomtests. Nr. 106, 08.05.2013: N1.

Gerhards, J./Schäfer, M. S. (2006): Die Herstellung einer öffentlichen Hegemonie. Humangenomforschung in der deutschen und US-amerikanischen Presse. VS-Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
GeN (2001) = Gen-ethisches Netzwerk: Vereinssatzung Gen-ethisches Netzwerk e.V.. Neufassung vom 13.10.2001. Unter: https://www.gen-ethisches-netzwerk.de/sites/default/files/dokumente/2017-12/GeN-Satzung.pdf [18.04.2018].
GID (2005) = Gen-ethischer Informationsdienst: Alles und nichts. Nr. 172. Unter: https://www.gen-ethisches-netzwerk.de/gid/172/politik/potthof/alles-und-nichts [16.11.2017].
GID (2006) = Gen-ethischer Informationsdienst: Konfliktverdrängung. Nr. 175. Unter: http://www.gen-ethisches-netzwerk.de/konfliktverdrangung [25.01.2018].
GID (2007) = Gen-ethischer Informationsdienst: Rezension. Supplement zum Gentechnologiebericht. Nr. 183: 54–55.
GID (2013) = Gen-ethischer Informationsdienst: Rezension. Synthetische Biologie. Nr. 218: 46.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Handelsblatt (1992): Burda. „Spiegel"-Konkurrent zum Preis von 4DM startet am 18. Januar 1993. Neues Nachrichtenmagazin heisst „Focus". Nr. 193, 06.10.1992: 26.
Handelsblatt (2005): Experten klagen über Künasts Genkurs. Nr. 174, 08.09.2005: 4.
Herrmann, S. L. (2009): Policy Debates on Reprogenetics. The Problematisation of New Research in Great Britain and Germany. Campus, Frankfurt.
Hucho, F. (2000): Arbeitskreis Vorbereitung eines Gentechnologieberichtes. In: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Jahrbuch 1999. Akademie Verlag, Berlin: 271–276.
Hucho, F./Köchy K. (2003): Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht. In: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Jahrbuch 2002. Akademie Verlag, Berlin: 260–266.
Hucho, F. et al. (Hrsg.) (2005): Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Elsevier/Spektrum, München.
Hucho, F. et al. (Hrsg.) (2008): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Forum W, Dornburg.

Irwin, A./Wynne, B. (Hrsg.), 1996: Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology. Cambridge University Press, Cambridge.

Junge Welt (2009): Soldaten im Genmais. Interessen der Wirtschaft? Gibt's doch nicht! In Berlin wurde ein Gentechnologiebericht vorgestellt. Nr. 2015, 15.11.2009: 15.

Köchy, K./Hümpel, A. (Hrsg.) (2012): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Forum W, Dornburg.
Könninger, S. (2016): Genealogie der Ethikpolitik. Nationale Ethikkomitees als neue Regierungstechnologie. Das Beispiel Frankreichs. Transcript, Bielefeld.
Könninger, S./Marx-Stölting, L. (2018): Problemfelder und Indikatoren zur Stammzellforschung. In: Zenke, M. et al. (Hrsg.): Stammzellforschung. Aktuelle wissenschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Nomos, Baden-Baden.

Marx-Stölting, L. (2017): Einführung: Problemfelder und Indikatoren zur Epigenetik. In: Walter, J./Hümpel, A.: Epigenetik, Implikationen für die Lebens- und Geisteswissenschaften. Nomos, Baden-Baden: 31–38.
Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2007): Grüne Gentechnologie. Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft und Wirtschaft. Elsevier/Spektrum, München.
Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2009): Zweiter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Forum W, Dornburg.
Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Forum W, Dornburg.
Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2015): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos, Baden-Baden.

ND (2010) = Neues Deutschland: Auslese für das Leben? Urteil über Gendiagnostik verlangt nach gesetzlicher Regelung. 21.10.2010: 2.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Reich et al. (Hrsg.) (2015): Genomchirurgie beim Menschen. Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Unter: http://www.gentechnologiebericht.de/bilder/BBAW_Genomchirurgie-beim-Menschen_PDF-A1b.pdf [21.03.2018].
Rheinischer Merkur (2005): Nachgedacht. Klima, Armut, Gene – und der Wähler. Nr. 37, 15.09.2005: 16.

Schäfer, M. S. (2008a): Medialisierung der Wissenschaft? Empirische Untersuchung eines wissenschaftssoziologischen Konzepts. In: ZfS 37(3): 206–225.
Schäfer, M. S. (2008b): Diskurskoalitionen in den Massenmedien. Ein Beitrag zur theoretischen und methodischen Verbindung von Diskursanalyse und Öffentlichkeitssoziologie. In: KZFSS 60(2): 367–397.
Schäfer, M. S. et al. (2015): Wissenschaftskommunikation im Wandel. Relevanz, Entwicklung und Herausforderungen des Forschungsfelds. In: Wissenschaftskommunikation im Wandel. Halem, Köln: 10–42.
Schmidtke, J. (Hrsg.) (2007): Gendiagnostik in Deutschland. Status quo und Problemerkundung. Forum W, Limburg.
SZ (2005) = Süddeutsche Zeitung: Ratio und Unbehagen. Forscher versuchen objektive Bewertung der Gentechnologie. 08.09.2005: 11.

Walter, J./Hümpel, A. (Hrsg.) (2017): Epigenetik. Implikationen für die Lebens- und Geisteswissenschaften. Nomos, Baden-Baden.
Wobus, A. M. et al. (Hrsg.) (2006): Stammzellforschung und Zelltherapie. Stand des Wissens und der Rahmenbedingungen in Deutschland. Elsevier/Spektrum, München.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Tabelle 1: Zeitungen

Quelle	Erscheinungs-datum	Auch (X) /nur (0) online[27]	Titel
ND	7./8.7.2001	X	Offene Tür eingerannt? Berlin-Brandenburgische Akademie gegen reproduktives Klonen von Menschen
Berliner Morgenpost	20.04.2004		Zwischen Unterfinanzierung, politischer Indoktrination und Neugründung – Die Berlin-Brandenburgische Akademie blickt auf eine wechselvolle Geschichte zurück
Die Welt	20.04.2004		Zwischen Unterfinanzierung, politischer Indoktrination und Neugründung – Die Berlin-Brandenburgische Akademie blickt auf eine wechselvolle Geschichte zurück
Berliner Zeitung	08.09.2005	X	Fakten für eine sachliche Debatte – Akademieforscher legen Gentechnologiebericht vor
Der Tagesspiegel	08.09.2005	X	„Die Gentechnik ist unter uns. Die Berliner Akademie zum Stand der Forschung"
Die Welt	08.09.2005		Ruf nach Zertifikaten für Gentechnik-Labore
Handelsblatt	08.09.2005		Experten klagen über Künasts Genkurs – Wissenschaftler fordern Reform des grünen Gentechnikgesetzes und des Stammzellengesetzes
ND	08.09.2005	X	Gentech-Gefahren überbetont?
Sächsische Zeitung	08.09.2005		Mehr Grün
SZ	08.09.2005		Ratio und Unbehagen – Forscher versuchen objektive Bewertung der Gentechnologie
Hamburger Abendblatt	09.09.2005	X	Gentechnik-Gesetze lockern
Rheinischer Merkur	15.09.2005		Nachgedacht – Klima, Armut, Gene – und der Wähler
Hamburger Abendblatt	22.09.2005	X	Gentechnik in Deutschland
Die Zeit	08.09.2005	X	Erforscht und erfunden
Der Tagesspiegel	19.01.2006	X	„Das Stammzellgesetz wird gelockert"
Berliner Morgenpost	28.06.2006	X	Gesetzesnovelle zur Forschung an Stammzellen gefordert
Berliner Zeitung	28.06.2006	X	„Stammzellgesetz isoliert deutsche Forscher" – Die BBAW fordert, die Stichtagsregelung zu ändern
Der Tagesspiegel	28.06.2006	X	„Man sollte uns lassen!"
Junge Welt	28.06.2006	X	Akademie macht PR
die taz	30.06.2006	X	Stammzellgesetz gefährdet Forschungsstandort
Berliner Zeitung	06.03.2007	X	Grüne Gentechnik im globalen Überblick
Der Tagesspiegel	06.03.2007	X	„Bio" und „Gen", vereint euch!

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Quelle	Erscheinungs-datum	Auch (X) /nur (0) online[27]	Titel
ND	09.03.2007	X	Clever für »grüne« Gentechnik
F.A.Z.	14.3.2007	X	Die Gene der anderen
F.A.Z.	22.03.2007	X	Biopolitische Selbstgenügsamkeit
Der Tagesspiegel	11.05.2007	X	„Keine Gefahr durch genveränderten Mais"
Berliner Morgenpost	05.09.2007	X	Gen-Forscher entschlüsselt eigenes Erbgut
Der Tagesspiegel	05.09.2007	X	Gentests für jedermann
Die Welt	05.09.2007	X	Der transparente Mensch
Hamburger Abendblatt	18.09.2007	X	Tests aus dem Internet – doch deren Qualität ist oft nicht gesichert. Welche Krankheit schlummert in mir?
Der Tagesspiegel	15.08.2008	X	Was die Gentechnologie kann
Ärzte Zeitung	19.12.2008	X	Gentherapie in Deutschland
Märkische Allgemeine	04.04.2009		Sicher wie normale Pflanzenzucht – Potsdamer Köpfe zu Gentechnik
Märkische Allgemeine	30.04.2009		Die Erbinformation reist mit der Fähre
Die Zeit	13.10.2009	0	Embryonale Stammzellen sind weiter unentbehrlich
Der Tagesspiegel	04.11.2009	X	Gute und schlechte Gene
Die Welt	04.11.2009	X	Gentechnik – Verliert Deutschland in der Forschung den Anschluss?
Die Welt	04.11.2009	X	Gentechnische „Abkopplung"
ND	04.11.2009	X	Die Kontroverse bleibt
die taz	06.11.2009	X	Genforscher befürchten, abgehängt zu werden
F.A.Z.	11.11.2009	X	Gentechnikdebatte
Junge Welt	15.11.2009	X	Soldaten im Genmais
Berliner Zeitung	07.07.2010		Pflanzen gegen den Hunger – Thema Welternährung
Handelsblatt	07.07.2010	X	BGH-Urteil – Was vom Leben bleibt
ND	12.07.2010	X	Wozu Viehfutter importieren?
Der Tagesspiegel	20.10.2010	X	Gentest an Embryonen – „Eine Entscheidung der Eltern"
ND	21.10.2010	X	Auslese für das Leben?
Der Tagesspiegel	31.01.2012	X	Wer ich bin. Gentests und Identität
Der Tagesspiegel	12.09.2012	X	Medizin – Schicksal im Erbgut
SZ	12.09.2012	X	„Eine gewaltige Gelegenheit, die niemand nutzt"
Junge Welt	13.09.2012	X	Homogen und monogen

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Quelle	Erscheinungs-datum	Auch (X) /nur (0) online[27]	Titel
Potsdamer Neueste Nachrichten	20.09.2012	X	Schicksal im Erbgut
Der Tagesspiegel	05.01.2013	X	Gene auf Rezept
Der Tagesspiegel	02.05.2013	X	Den Fortschritt nicht verhindern – zugunsten der Patienten
Die Zeit	08.05.2013	X	Genomdiagnostik: Zu Risiken und Nebenwirkungen…
F.A.Z.	08.05.2013	X	Ethik war gestern – Jetzt kommt die Akademie
Potsdamer Neueste Nachrichten	12.06.2013	X	Die Chemie der Tomate
F.A.Z.	26.06.2013	X	Der deutsche „Standard" für Gentechnik
F.A.Z.	22.11.2013	X	Wer hat Deutungshoheit über das Genom?
F.A.Z.	11.02.2015	X	Gengrotesken?
Die Zeit	15.02.2015	0	Genfood – und keiner merkt's
Der Tagesspiegel	16.02.2015	X	Gentechnik – Geschickt geschnippelt
Die Zeit	17.03.2015	0	Pflanzenforschung – Gentechnik im Keim erstickt
Der Tagesspiegel	17.03.2015	X	Anbauverbot für Gentech-Pflanzen – Im Keim erstickt
Der Tagesspiegel	20.03.2015	X	Gentechnik – Genbastler bremsen sich
Berliner Zeitung	23.04.2015	X	Gezielte Schnitte im Erbgut
Der Tagesspiegel	21.07.2015	X	Genomchirurgie – Experimente an der Keimbahn
Märkische Allgemeine	02.12.2015	X	Zukunft digitale Geisteswissenschaft
Huffpost (Huffington Post)	12.08.2015	0	Die schreckliche Wahrheit über genmanipuliertes Essen
Berliner Zeitung	02.02.2016	X	Genversuche an Embryonen – Wie gefährlich sind Genexperimente?
Der Tagesspiegel	02.02.2016	X	Briten erlauben Manipulation an Embryos
SZ	08.02.2016	X	Wissen – „Ein Verbot leuchtet nicht ein"
Der Tagesspiegel	23.03.2017		Auf dem Schoß der Gene
Der Tagesspiegel	14.11.2017	X	Die ewige Diskussion um die Gentechnik

27 Der Titel und das genaue Veröffentlichungsdatum wichen zum Teil bei der Online-Version leicht von der Printversion ab. Die Angaben beziehen sich auf die Printversionen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Tabelle 2: (Fach-)Zeitschriften und Fachzeitungen

Quelle	Erscheinungs-datum	Auch (X) /nur (0) online[28]	Titel
Ärzte Zeitung	09.09.2005	X	Gentechnik gehört inzwischen zum Arbeitsalltag von Ärzten
GID	Oktober 2005	X	Erster deutscher Gentechnologiebericht
GID	Oktober 2005	X	Alles und nichts
DUZ Nachrichten	09.09.2005		Gentechnologiebericht – Experten sehen die deutsche Bio-technologie an einem Scheideweg
GID	April 2006	X	Konfliktverdrängung
GID	August 2006	X	BBAW – Keine Risikotechnologie?
GID	August 2007	X	Rezension: Supplement zum Gentechnologiebericht
Ärzte Zeitung	11.09.2007	X	Gendiagnostik nimmt zu, aber die Beratung ab
Focus	22.10.2007	X	Landwirtschaft – Gentechnik für Ökos
GID	Dezember 2008	X	Gentherapie in Deutschland
Ärzte Zeitung	19.12.2008	X	Gentherapie in Deutschland
Deutsches Ärzteblatt	08.10.2009	0	Wissenschaftler sehen neue Chancen in der Stammzell-forschung
GID	April 2010	X	Termine
GID	Juni 2013	X	Rezension – Synthetische Biologie
Tatup	Juli 2013	X	Grüne Gentechnik und nachhaltige Landwirtschaft
„Gesundheit und Gesellschaft" Das AOK-Forum für Politik, Praxis und Wissenschaft	September 2013		Gentechnik – Monitor bewertet Risiken als gering
GID	August 2015	X	Gendiagnostik 3.0
Apotheken Umschau	15.09.2015		Eine rechtliche Grauzone
Deutsches Ärzteblatt	27.11.2015	X	Biomedizinische Forschung – Analyse zur Genomchirurgie
Deutsches Ärzteblatt	04.12.2015	X	Genomchirurgie beim Menschen – Noch viele Fragezeichen
GID	Februar 2016	X	Neue Technik, alte Strategien
GID	Februar 2016	X	Die internationale Debatte um Genome Editing – ein Panorama

28 Der Titel und das genaue Veröffentlichungsdatum weichen zum Teil bei der Online-Version leicht von der Printversion ab. Die Angaben beziehen sich auf die Printversionen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Ferdinand Hucho

Spotlight 5: Schlussbemerkungen: Asilomar und die Folgen

Gentechnologie – eine Querschnittstechnologie, die von Anfang an ein breites Spektrum von Anwendungen im Auge hatte. Ursprünglich entstanden aus Entdeckungen und Entwicklungen von mehr als einem halben Jahrhundert biochemischer und molekularbiologischer Grundlagenforschung und fokussiert auf einen einzigen der mehreren Tausend Molekültypen der lebenden Zellen, auf die DNA, die Erbsubstanz aller Lebewesen auf dieser Erde, definierte sie sich als Ingenieurwissenschaft. „Genetic Engineering" umfasst den experimentellen Umgang mit den Genen, mit deren künstlicher, manipulativer Veränderung, Reparatur und Rekombination.

Der Mythos von Asilomar

Als es Paul Berg (Nobelpreis 1980) an der kalifornischen Stanford-Universität Anfang der siebziger Jahre erstmals gelang, eine Viren-DNA mit einem Fragment eines Bakteriengenoms zu verbinden, wurde ihm bewusst, welches unabsehbare Potenzial zur Schaffung neuartigen Lebens die Wissenschaft in den Händen hielt. Er zögerte zunächst mit dem naheliegenden nächsten Schritt: sein Konstrukt in eine Bakterienzelle einzubauen und somit das Bakterium zu veranlassen, eine neue, von der Natur nicht vorgesehene Nachkommenschaft zu produzieren. Bergs Virus war ein sogenanntes Krebsvirus (SV40). Seine Idee war es, dessen Fähigkeit, in Zellen einzudringen und sich in das Zellgenom zu integrieren, zu nutzen, um ein Fremdgen in die Zelle und deren Genom einzubringen – ein Gen, das natürlicherweise nicht in der Zelle vorkommt. Heute würden wir sagen: Berg wollte SV40 als Vehikel, als Vektor benutzen.

Unmittelbare Folgerung seiner Bedenken war der Ruf nach einem Moratorium, nach einer freiwilligen „Auszeit" zum Nachdenken über Risiken und Potenziale der sich neu abzeichnenden Technologie. Paul Bergs Ruf nach einem Moratorium wurde weltweit befolgt. Zugleich initiierte er die legendäre Konferenz von Asilomar (24.–27. Februar 1975 im Asilomar Conference Center, Pacific Grove, Kalifornien), die unter anderem

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

das Moratorium aufhob. Denn anders als es das öffentliche Gedächtnis erinnert, war Asilomar durchaus nicht die Quelle des Rufs nach einem Moratorium. Im Gegenteil, prominente Molekularbiologen wie James Watson (Nobelpreis 1962) forderten, der Wissenschaft nicht von Außenseitern wie „Juristen und selbsternannten Ethikern" dreinreden zu lassen. Gerade dieses Treffen führender, überwiegend US-amerikanischer Molekularbiologen (15 % der ca. 140 Teilnehmer waren Juristen, ausgewählte Journalisten oder Regierungsbeamte) legte die Interessenkonflikte zwischen unabhängigen Grundlagenforschern und kommerziell orientierten Wissenschaftler-Unternehmern offen.

Dennoch ist der Ruf der Asilomar-Konferenz als Beginn eines ernsthaften, verantwortungsbewussten Diskurses über die Implikationen neuer Forschungsparadigmen nicht unbegründet: Der Kompromiss zwischen den Protagonisten beider Parteien (d. h. den Biowissenschaftlern, Ethikern und Juristen einerseits und den Wissenschaftlern mit kommerziellen Interessen andererseits) war die Ausarbeitung von Richtlinien zur Sicherheit. Sie wurden vom National Institutes of Health (NIH) zunächst übernommen und gingen letztlich mehr oder minder verändert weltweit in nationale Regularien ein (wie z. B. in das Deutsche Gentechnikgesetz von 1990, das später mehrfach ergänzt und modifiziert wurde). Asilomar steht damit am Anfang eines informierten Diskurses, des Sieges von Observieren und Regulieren über „Verbieten".

Wir nennen es *Observatorium*

Das deutsche Gentechnikgesetz von 1990 regelt neben den allgemeinen Voraussetzungen wie die Fachkompetenz des Experimentators und die Ausstattung der Labors vor allem die Sicherheit des Experimentierens mit gentechnisch veränderten Organismen (GVOs). Von den vier Gefahrenstufen, die das Gesetz definiert, erfordern die beiden höchsten Stufen (S3 und S4) eine Genehmigung durch eine Kommission. Die beiden unteren Stufen verlangen nur die Anmeldung (S2) der geplanten Experimente beziehungsweise nicht einmal das (S1). Die Bewahrung der Freiheit der Wissenschaft und Forschung (Artikel 5 Grundgesetz) war Grundlage des eindrucksvollen Erfolges der Gentechnologie in der Grundlagenforschung der Lebenswissenschaften, der Medizin, Diagnostik, Ökonomie, Forensik etc., wie in den Kapiteln dieses Berichts beschrieben. Keines der Gefahrenszenarien für Mensch und Umwelt, zum Beispiel durch die damals befürchtete unkontrollierte Ausbreitung und die vermutete „Nichtrückholbarkeit" gentechnischer Modifikationen (heute unter dem Begriff „Biosafety" bzw. „Biosicherheit"), hat sich realisiert – auch nicht in der gerade in Deutschland so heftig umstrittenen grünen Gentechnologie (siehe auch Renn, Kap. 6). Es gab Unfälle, bei der somatischen Gentherapie und anderswo, die aber analysiert und deren Ursachen für zukünftige Experimente

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

eliminiert werden konnten. Auch darüber wird in den entsprechenden Kapiteln dieses vierten Gentechnologieberichts berichtet (etwa in den Beiträgen von Fangerau, Kap. 2, Stock, Kap. 3, Fehse et al., Kap. 8).

In einer Zeit anfänglicher Rückschläge und heftiger kontroverser Diskussionen etablierte die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (BBAW) im Jahr 2001 das Monitoringprojekt *Gentechnologiebericht*. Im Vergleich zu den USA und anderen Ländern hatte die Gentechnologie in Deutschland einen späten Start. Anfängliches politisches Desinteresse sowie gesellschaftliche Skepsis, Furcht bis hin zu offener Ablehnung bauten Hürden auf, die nur langsam überwunden wurden. Heftig verlief der Disput zwischen euphorischen Befürwortern und fundamentalistischen Gegnern. Seit Asilomar wurde jedoch deutlich, dass nur der öffentliche, transparente und ergebnisoffene Diskurs (ohne „Geheimniskrämerei" wie sie z. B. durch Konkurrenz und Kommerzialisierung erzeugt wird), auch und gerade mit der nicht fachkundigen Öffentlichkeit Grundlage für die Akzeptanz wissenschaftlicher Arbeit sein kann. Voraussetzungen dafür sind: wissenschaftliche Kompetenz, Interdisziplinarität und Unabhängigkeit. Dies sind drei Eigenschaften, die in besonderem Maße im Rahmen einer Wissenschaftsakademie gegeben sind. Die IAG *Gentechnologiebericht* veröffentlichte 2005 nach einer Vorbereitungsphase ihren „Ersten Gentechnologiebericht – Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland" (zu der Arbeitsweise der IAG und Struktur ihrer Publikationen siehe die Einleitung, Kap. 1).

Nach 18 Jahren Laufzeit der IAG zieht der vorliegende Berichtsband Bilanz. Er erscheint dabei nicht am Ende der Entwicklung der Gentechnologie. Im Gegenteil: Die bahnbrechende Entdeckung der genomeditierenden Funktion von CRISPR/Cas lässt für die Gentechnologie eher einen Quantensprung nach vorn erwarten. Entsprechend verschieben sich auch die Schwerpunkte des Diskurses: Nicht so sehr die Risiken und Chancen werden im Mittelpunkt stehen, gefragt ist ein weitgehender Konsens über das Erlaubte, das Wünschbare, das ethisch und gesellschaftlich Akzeptable.

33 Jahre nach Asimolar schrieb Paul Berg in einem Rückblick, eine Lehre aus Asilomar sei: „[...] the best way to respond to concerns created by emerging knowledge or early-stage technologies is for scientists from publicly funded institutions to find common cause with the wider public about the best way to regulate – as early as possible" (2008, 290 f.). In einem aktuellen Kommentar in *Nature* schlagen Sheila Jasanoff und Benjamin Hurlbut „A global observatory for gene editing" vor mit konkreten Ideen für ein internationales Netzwerk von Wissenschaftlern und deren Organisationen zur Förderung eines neuen Stils der Konversation (Jasanoff/Hurlbut, 2018). Eine solche Begleitung der neuen Entwicklungen auf globaler Ebene ist nötig und sinnvoll, da die Entwicklung rasant und international weitergeht. Die IAG kann hierzu wertvolle Erfahrungen beisteuern.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Literatur

Berg, P. (2008): Meetings that changed the world. Asilomar 1975. DNA modification secured. In: Nature 455: 290–291. Unter: https://www.nature.com/articles/455290a [30.06.2018].

Jasanoff, S./Hurlbut, J. B. (2018): A global observatory for gene editing. In: Nature 555: 435–437. Unter: https://www.nature.com/articles/d41586-018-03270-w [30.06.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

14. Anhang

14.1 Abbildungen und Tabellen

Kapitel 1: Martin Korte, Ferdinand Hucho, Bernd Müller-Röber, Hannah Schickl, Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger

Einleitung

Abbildung 1 Übersicht der Veranstaltungen der IAG über die Zeit plus Ausrichtung auf die allgemeine/fachspezifische Öffentlichkeit (ohne Pressekonferenzen)

Kapitel 3: Günter Stock

Der Weg zu einer molekularen, stratifizierten, personalen Medizin. Eine Perspektive aus Sicht der (Berliner) Biotechindustrie

Abbildung 1 Entstehung einer Industrie

Abbildung 2 Scherings Partner und neue Technologien

Kapitel 6: Ortwin Renn

Gentechnik als Symbol: Zur Risikowahrnehmung der grünen Gentechnik

Tabelle 1 Beunruhigung über Themen zur Lebensmittelsicherheit

Tabelle 2 Zustimmung zu Aussagen über Gentechnik (2016)

Tabelle 3 Anteil der Bevölkerung, die gentechnisch veränderte Lebensmittel unterstützt

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Kapitel 11: Lilian Marx-Stölting und Sabine Könninger

Problemfelder der Gentechnologie gestern und heute
Abbildung 1 Problemfelder zur Gentechnologie
Tabelle 1 Problemfelder der Gentechnologien in Deutschland, Indikatoren und Beiträge zu ihrer Beschreibung

Kapitel 12: Lilian Marx-Stölting, Sabine Könninger, Alina Chlebowska und Yaroslav Koshelev

Ausgewählte Indikatoren zu den unterschiedlichen Gentechnologien
Abbildung 1 Veröffentlichte Printartikel (2001–2017)
Abbildung 2 Veröffentlichte Online-Artikel (2001–2017)
Abbildung 3 Anzahl an Neuerscheinungen (2001–2017)
Abbildung 4 Summe der Neuerscheinungen (2001–2017)
Abbildung 5 Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Epigenetik“ in Google (2004–2017) (Google Trends)
Abbildung 6 Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Gendiagnostik“ in Google (2004–2017) (Google Trends)
Abbildung 7 Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Stammzellforschung“ in Google (2004–2017) (Google Trends)
Abbildung 8 Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Gentherapie“ in Google (2004–2017) (Google Trends)
Abbildung 9 Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Grüne Gentechnologie“ in Google (2004–2017) (Google Trends)
Abbildung 10 Relative Nachfrage nach dem Stichwort „Synthetische Biologie“ in Google (2004–2017) (Google Trends)
Abbildung 11 Internationale Fachartikel (2001–2017)
Abbildung 12 Summe der internationalen Fachartikel (2001–2017)
Abbildung 13 Internationale Fachartikel mit deutscher Autorschaft (2001–2017)
Abbildung 14 Summe der internationalen Fachartikel mit deutscher Autorschaft (2001-2017)
Abbildung 15 Fördersummen durch den Bund (2001–2020)
Abbildung 16 Gesamtfördersumme durch den Bund (2001–2020)
Abbildung 17 Anzahl an öffentlichen Veranstaltungen (2001–2017)
Abbildung 18 Summe der öffentlichen Veranstaltungen (2001–2017)
Abbildung 19 Anzahl an DFG-geförderten Projekten (2001–2017)
Abbildung 20 Anzahl an pro Jahr beginnenden DFG-geförderten Projekten (2001–2017)
Abbildung 21 Summe der begonnenen DFG-Förderungen (2001–2017)

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Abbildung 22 Anzahl EU-geförderter Forschungsprojekte in FP6/FP7/Horizon 2020

Kapitel 13: Sabine Könninger
Ein Monitoring monitoren – die IAG *Gentechnologiebericht* in der Wahrnehmung der medialen Öffentlichkeit
Abbildung 1 Artikel (print und online), die die IAG und ihre Tätigkeiten rezipieren
Tabelle 1 Zeitungen
Tabelle 2 (Fach-)Zeitschriften und Fachzeitungen

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

14.2 Autoren und Autorinnen, Herausgeber und Herausgeberinnen

Dr. Steffen Albrecht – Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Berlin.

Prof. Dr. Dr. h. c. Dieter Birnbacher – Emeritierter Professor für Philosophie; Präsident der Deutschen Gesellschaft für Humanes Sterben e. V., Berlin; Vizepräsident der Schopenhauer-Gesellschaft; Mitglied der Zentralen Ethikkommission bei der Bundesärztekammer; Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften „Leopoldina" und der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Prof. Dr. Nediljko Budisa – Professor und Lehrstuhlinhaber für Biokatalyse am Institut für Chemie der Technischen Universität Berlin.

Alina Chlebowska – Studentische Hilfskraft der IAG *Gentechnologiebericht.*

Dr. Julia Diekämper – Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der IAG *Gentechnologiebericht*, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften und am Museum für Naturkunde, Berlin.

Prof. Dr. Heiner Fangerau – Lehrstuhlinhaber und Direktor des Instituts für Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin, Centre for Health and Society, Medizinische Fakultät, Universität Düsseldorf; Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht*.

Prof. Dr. Boris Fehse – Leiter der Forschungsabteilung Zell- und Gentherapie an der Klinik für Stammzelltransplantation, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf; Präsident der Deutschen Gesellschaft für Gentherapie; Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht.*

Gen-ethisches Netzwerk e. V. (GeN) – Nichtregierungsorganisation, welche die Gentechnologien kritisch begleitet, kritische Informationen zu deren gesellschaftlichen Implikationen für die Öffentlichkeit aufbereitet und den Gen-ethischen Informationsdienst (GID) herausgibt. Mehr Informationen unter: www.gen-ethisches-netzwerk.de [18.06.2018].

Prof. Dr. Dr. Sigrid Graumann – Rektorin der Evangelischen Hochschule Rheinland-Westfalen-Lippe und Professorin für Ethik; Mitglied des Deutschen Ethikrates.

Prof. Dr. Armin Grunwald – Leiter des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS); Professor für Technikphilosophie am Karlsruher Institut für Technologie; Leiter des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Berlin.

Dr. Jürgen Hampel – Assistent am Lehrstuhl für Technik- und Umweltsoziologieam Institut für Sozialwissenschaften, Universität Stuttgart; Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht.*

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Prof. Dr. Ferdinand Hucho – Emeritierter Professor für Biochemie an der Freien Universität Berlin, Institut für Chemie und Biochemie; Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften; stellvertretender Sprecher der IAG *Gentechnologiebericht.*

Sascha Karberg – Wissenschaftsjournalist und verantwortlicher Redakteur im „Wissen-Forschen"-Ressort des Berliner Tagesspiegels.

Prof. Dr. Dr. Kristian Köchy – Professor für Philosophie, Universität Kassel, Institut für Philosophie; Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht.*

Dr. Sabine Könninger – Politikwissenschaftlerin, Romanistin; wissenschaftliche Mitarbeiterin der IAG *Gentechnologiebericht.*

Yaroslav Koshelev – Studentische Hilfskraft der IAG *Gentechnologiebericht.*

Prof. Dr. Martin Korte – Leiter der Abteilung für Zelluläre Neurobiologie, Molekulare Zellbiologie, Zoologisches Institut, TU Braunschweig; Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften; Sprecher der IAG *Gentechnologiebericht.*

PD Dr. Dirk Lanzerath – Geschäftsführer des Deutschen Referenzzentrums für Ethik in den Biowissenschaften (DRZE), Bonn; Mitglied der Zentralen Ethikkommission (ZEKO) bei der Bundesärztekammer; Generalsekretär des Europäischen Netzwerks der Forschungsethikkommissionen (EUREC).

Dr. Lilian Marx-Stölting – Biologin, Bioethikerin; wissenschaftliche Mitarbeiterin in der IAG *Gentechnologiebericht.*

Prof. Dr. Bernd Müller-Röber – Professor für Molekularbiologie, Universität Potsdam; Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der IAG *Gentechnologiebericht.*

Prof. Dr. Jens Reich – Emeritierter Professor für Molekularbiologie am Max-Delbrück-Zentrum für Molekulare Medizin und an der Humboldt-Universität zu Berlin; Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften; Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht.*

Prof. Dr. Dr. h. c. Ortwin Renn – Wissenschaftlicher Direktor am Institute für Advanced Sustainability Studies e. V. (IASS) in Potsdam; Gründungsdirektor des Zentrums für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung an der Universität Stuttgart.

Dr. Arnold Sauter – Stellvertretender Leiter des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Berlin.

Hannah Schickl (Staatsexamen) – Analytische Philosophin, Bioethikerin; Koordinatorin und wissenschaftliche Mitarbeiterin der IAG *Gentechnologiebericht*; Promotionsstudentin am Institut für Ethik, Geschichte und Theorie der Medizin, Philosophische Fakultät, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Prof. Dr. Dr. h. c. Günter Stock – Vorstandsvorsitzender der Einstein Stiftung, Berlin; ehemaliger Präsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (2006– 2015).
Prof. Dr. Jochen Taupitz – Geschäftsführender Direktor des Instituts für Deutsches, Europäisches und Internationales Medizinrecht, Gesundheitsrecht und Bioethik der Universitäten Heidelberg und Mannheim (IMGB); Inhaber des Lehrstuhls für Bürgerliches Recht, Zivilprozessrecht, internationales Privatrecht und Rechtsvergleichung der Universität Mannheim; Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht.*
Prof. Dr. Jörn Walter – Professor für Genetik, Universität des Saarlandes, Institut für Biowissenschaften; Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht.*
Prof. Dr. Martin Zenke – Direktor des Instituts für Biomedizinische Technik – Zellbiologie, Universitätsklinikum der RWTH Aachen und Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik, RWTH Aachen; Mitglied der IAG *Gentechnologiebericht.*

14.3 Mitglieder und Mitarbeiterinnen der IAG *Gentechnologiebericht*

14.3.1 Mitglieder der IAG

Prof. Dr. Heiner Fangerau
Prof. Dr. Boris Fehse
Dr. Jürgen Hampel
Prof. Dr. Ferdinand Hucho
Prof. Dr. Dr. Kristian Köchy
Prof. Dr. Martin Korte
Prof. Dr. Bernd Müller-Röber
Prof. Dr. Jens Reich
Prof. Dr. Jochen Taupitz
Prof. Dr. Jörn Walter
Prof. Dr. Martin Zenke

14.3.2 Ehemalige Mitglieder der IAG

Prof. Dr. Hans-Hilger Ropers
Prof. Dr. Dr. h. c. Ulrike Beisiegel
Prof. Dr. Dr. h. c. Klaus Brockhoff
Prof. Dr. Nediljko Budisa

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Prof. Dr. Wolfgang van den Daele
Prof. Dr. Dr. h. c. Carl Friedrich Gethmann
Prof. Dr. Hans-Jörg Rheinberger
Prof. Dr. Jörg Schmidtke
Prof. Dr. Karl Sperling
Prof. Dr. Dr. h. c. Thomas A. Trautner
Prof. Dr. Lothar Willmitzer
Prof. Dr. Anna M. Wobus

14.3.3 Mitarbeiterinnen der IAG

Dr. Julia Diekämper
Dr. Sabine Könninger
Dr. Lilian Marx-Stölting
Hannah Schickl (Koordinatorin)

14.3.4 Ehemalige Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der IAG

Dr. Antje Bosse
Dr. Mathias Boysen
Dr. Volker Büttcher
Dr. Silke Domasch
Annegret Falter
Dr. Anja Hümpel
Meike Kölsch
Edward Ott
Nicole Schulze

14.4 Übersicht der Publikationen der IAG *Gentechnologiebericht*

14.4.1 Bücher

Hucho, F. et al. (Hrsg.) (2018): Vierter Gentechnologiebericht. Nomos, Baden-Baden.
Zenke, M. et al. (Hrsg.) (2018): Stammzellforschung. Aktuelle wissenschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Nomos, Baden-Baden. Unter: https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783845287720.pdf [03.07.2018].

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Walter, J./Hümpel, A. (Hrsg.) (2017): Epigenetik. Implikationen für die Lebens- und Geisteswissenschaften. Nomos, Baden-Baden.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2015): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Nomos, Baden-Baden.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. 3. neubearb. u. erg. Aufl. Forum W, Limburg.

Köchy, K./Hümpel, A. (Hrsg.) (2012): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuer Ingenieurbiologie? Forum W, Dornburg.

Fehse, B./Domasch, S. (Hrsg.) (2011): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. 2. akt. u. erw. Aufl. Forum W, Dornburg.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2009): Zweiter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Forum W, Dornburg.

Engelhard, M. et al. (2009): Genetic Engineering in Livestock. Springer, Berlin, Heidelberg.

Hucho, F. et al. (2008): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Forum W. Dornburg.

Schmidtke, J. et al. (Hrsg.) (2007): Gendiagnostik in Deutschland. Status quo und Problemerkundung. Supplement zum Gentechnologiebericht. Forum W, Limburg.

Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2007): Grüne Gentechnologie. Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft und Wirtschaft. Spektrum, München.

Wobus, A. M. et al. (Hrsg.) (2006): Stammzellforschung und Zelltherapie. Stand des Wissens und der Rahmenbedingungen in Deutschland. Supplement zum Gentechnologiebericht. Spektrum, München.

Hucho, F. et al. (Hrsg.) (2005): Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Spektrum, München.

Hucho, F./Köchy, K. (2003): Materialien für einen Gentechnologiebericht. Grundlagenforschung, Medizinische Anwendung, ökonomische Bedeutung. Spektrum, Heidelberg.

Köchy, K. et al. (Hrsg.) (2002): Gentechnologie als Wirtschaftsfaktor. Spektrum, Heidelberg, Berlin.

14.4.2 Broschüren

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2018): Vierter Gentechnologiebericht. Kurzfassung. BBAW, Berlin.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2018): Stammzellforschung. Aktuelle wissenschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Kurzfassung. BBAW, Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2017): Epigenetik. Implikationen für die Lebens- und Geisteswissenschaften. Kurzfassung. BBAW, Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2015): Dritter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Kurzfassung. BBAW, Berlin.

Reich, J. et al. (Hrsg.) (2015): Genomchirurgie beim Menschen. Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Analyse der Interdisziplinären Arbeitsgruppe *Gentechnologiebericht* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. BBAW, Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Kurzfassung. BBAW, Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2012): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Kurzfassung. BBAW, Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2011): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Kurzfassung. BBAW, Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2009): Zweiter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Kurzfassung. BBAW, Berlin.

Beier, H. et al. (2009): Neue Wege der Stammzellforschung. Reprogrammierung von differenzierten Körperzellen. Hg v. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin. Unter: http://www.bbaw.de/service/publikationen-bestellen/manifeste-und-leitlinien/BBAW_Stammzellforschung.pdf [26.06.2018].

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2008): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Zusammenfassung. BBAW, Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2007): Gendiagnostik in Deutschland. Status quo und Problemerkundung. Zusammenfassung. BBAW, Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2005): Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Kurzfassung. BBAW, Berlin.

14.4.3 Sonstige Publikationen

Zenke, M. (Hrsg.) (2017): Special Issue: Stem cells. From biomedical research towards clinical applications. In: Journal of Molecular Medicine 95(7). Unter: https://link.springer.com/journal/109/95/7/page/1 [03.07.2018].

Ropers, H. H. et al. (2013): Stellungnahme zu den neuen Sequenzierungstechniken und ihren Konsequenzen für die genetische Krankenversorgung. Hg. v. Berlin-Branden-

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

burgische Akademie der Wissenschaften, Berlin. Unter: http://www.bbaw.de/publikationen/stellungnahmen-empfehlungen/Stellungnahmen-Gendiagnostik.pdf [19.06.2018].

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2003): Positionen der philosophischen Ethik zur Frage des Klonens. Infoblatt. Berlin.

IAG Gentechnologiebericht (Hrsg.) (2002): Datenbanken zur Molekularbiologie und Genetik. Infoblatt. Berlin.

Fehse, B. et al. (2018): Debatte 19 – Die Gentechnologie in der Gesellschaft: Von großen Versprechungen, hohen Erwartungen und Missverständnissen. Streitgespräche in den Wissenschaftlichen Sitzungen der Versammlung der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften am 01. Dezember 2017. Hg. v. Grötschel, M., Berlin. Unter: http://www.bbaw.de/publikationen/neuerscheinungen/pdf/Debatte-Heft-19 [26.06.2018].

14.5 Übersicht der Veranstaltungen der IAG *Gentechnologiebericht*[1]

Die IAG *Gentechnologiebericht* hat in den 18 Jahren ihrer bisherigen Laufzeit fast 70 Veranstaltungen und Kooperationsveranstaltungen durchgeführt (inklusive Pressekonferenzen):

Datum	**Veranstaltungsart**	**Veranstaltungstitel**
19.11.1999	Tagung	Diskussion und Planung der Themenschwerpunkte des Gentechnologieberichts
05.07.2000	Pressekonferenz	Stellungnahme der BBAW zur Frage des reproduktiven Klonierens von Menschen
01.11.2001	Workshop	Kompatibilität von Marktstudien zur Gentechnologie
28.02.2002	Podiumsdiskussion	Ethische Implikationen des Klonierens

1 Diese Liste umfasst alle von der IAG organisierten Veranstaltungen. Darüber hinaus haben jedes Jahr zahlreiche Vorträge und Veranstaltungen stattgefunden, an denen einzelne oder mehrere Mitglieder der IAG oder Mitarbeiter/-innen der Geschäftsstelle als Vertreter/-innen der IAG beteiligt waren. Eine vollständige Auflistung dieser Veranstaltungen würde den Rahmen dieses Buches sprengen.

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Datum	Veranstaltungsart	Veranstaltungstitel
04.12.2002	Tagung	Öffentliche Sache: Biomedizin – Dialog zur Bio- und Gentechnologie
26.11.2003	Workshop	Indikatoren zur Grünen Gentechnologie
12.02.2004	Workshop	Zelltherapie und Stammzellforschung; in Kooperation mit der Schering Stiftung
07.09.2005	Pressekonferenz	Präsentation des ersten deutschen Gentechnologieberichts – Analyse einer Hochtechnologie
19.01.2006	Akademievorlesung	Deutschland – Gentechnologisches Entwicklungsland? (Hucho, F.)
19.01.2006	Akademievorlesung	Rationale Risiko-Kriterien für Hochtechnologien (Nida-Rümelin, J.)
26.01.2006	Akademievorlesung	Nachweis von Krankheiten vor der Geburt: Medizinischer Fortschritt oder gesellschaftlicher Rückschritt? (Sperling, K.)
26.01.2006	Akademievorlesung	Pränatale Diagnostik – aus der Sicht des Gynäkologen (Becker, R.)
09.02.2006	Akademievorlesung	Stammzellforschung – Perspektiven und Probleme in Deutschland (Wobus, A. M.)
09.02.2006	Akademievorlesung	Ethische Aspekte der Stammzellenforschung (Tanner, K.)
15.05.2006	Tagung	Agro-Gentechnik im ländlichen Raum. Potenziale, Konflikte und Perspektiven; in Kooperation mit der Studiengruppe Entwicklungsprobleme der Industriegesellschaft (STEIG e. V.)
27.06.2006	Pressekonferenz	Anlässlich der Veröffentlichung des Themenbandes „Stammzellforschung und Zelltherapie“

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Datum	Veranstaltungsart	Veranstaltungstitel
18.09.2006	Workshop	Roundtable-Gespräch mit der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler
09.02.2007	Tagung	1. Fachtagung zu „Gentherapie, aktuelle naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen“
05.03.2007	Pressekonferenz	Pressekonferenz anlässlich der Veröffentlichung des Themenbandes „Grüne Gentechnologie“
15.06.2007	Tagung	2. Fachtagung zu „Gentherapie, soziale und ethische Dimensionen“
23.06.2007	Workshop für Schüler/-innen	Möglichkeiten und Gefahren der Gentechnologie
04.09.2007	Pressekonferenz	Anlässlich der Veröffentlichung des Themenbandes „Gendiagnostik in Deutschland“
21.09.2007	Konferenz	New Applications of Genetic Engineering in Livestock; in Kooperation mit der Europäischen Akademie GmbH
11.10.2007	Konferenz	Anforderungen an ein „Gendiagnostik-Gesetz“; in Kooperation mit der Friedrich-Ebert-Stiftung
2008	Workshop	Gendiagnostik
2008	Pressekonferenz	Anlässlich der Veröffentlichung des Themenbandes „Gentherapie in Deutschland“
23.09.2008	Workshop für Schüler/-innen	Zukünfte der Grünen Gentechnik
11.11.2008	Workshop für Studenten/Studentinnen	Zukünfte der Grünen Gentechnik
12.11.2008	Abendveranstaltung	Gentherapie in Deutschland. Medizinischer Stand und gesellschaftliche Bewertung

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Datum	Veranstaltungsart	Veranstaltungstitel
11.05.2009	Tagung	4. Junges Forum für Bildwissenschaft „Bilder des Lebendigen. Sprachen, Imaginationen, Technologien“; BBAW-interner Workshop der interdisziplinären Arbeitsgruppen Bildkulturen und Gentechnologiebericht
03.11.2009	Pressekonferenz	Anlässlich der Veröffentlichung des zweiten Gentechnologieberichts
23.06.2010	Workshop für Schüler/-innen	Workshops in der GeistesWERKstatt 2010 „Mein Genom und ich“; Sommerakademie
08.07.2010	Abendveranstaltung	Herausforderung Welternährung. Welche Pflanzenforschung brauchen wir?; in Kooperation mit der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler
16.09.2010	Tagung	Leben 3.0 und die Zukunft der Evolution; BBAW in Kooperation mit dem Berliner Medizinhistorischen Museum der Charité
18.10.2010	Abendveranstaltung	Der geänderte Umgang mit Embryonen. Das Urteil des BGH zur Präimplantationsdiagnostik
29.11.2010	Workshop	Neue Sequenziertechniken. Auswirkungen auf Grundlagenforschung und Anwendungen in Biotechnologie und Medizin“; in Kooperation mit acatech
11.04.2011	Abendveranstaltung	Synthetische Biologie. Wird die Lebenswissenschaft zur Ingenieurskunst?
24.11.2011	Abendveranstaltung	Gentherapie im Blickpunkt. Perspektiven auf eine medizinische Option
08./09.12. 2011	Workshop	Synthetische Biologie. Leben – Kunst; im Rahmen des Jahresthemas der BBAW „Artefakte. Wissen ist Kunst. Kunst ist Wissen“

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Datum	Veranstaltungsart	Veranstaltungstitel
08.12.2011	Tagung	Synthetische Biologie. Leben – Kunst; in Kooperation mit der Gerda Henkel Stiftung und der Hermann und Elise geborene Heckmann Wentzel-Stiftung
11.12.2012	Veranstaltung	Im Rahmen der Vorlesungsreihe „Wissenschaftliche Politikberatung“; in Kooperation mit der Leibniz-Gemeinschaft
26.01.2012	Themenabend	„Black Tie und die ästhetische Aneignung genetischen Wissens; in Kooperation mit der Künstlergruppe Rimini-Protokoll, dem BBAW-Jahresthema „ArteFakte“ und dem Theater Hebbel am Ufer
16.04.2012	Workshop	Genes and epigenetic programmes. The scientific and societal relevance of epigenetic concepts
10.09.2012	Workshop	Neue Genomik und Krankenversorgung
10.09.2012	Podiumsdiskussion	Schicksal Gendiagnostik?
08.11.2012	Akademievorlesung	Teil 1: Gentechnologie im Spanungsfeld … von naturwissenschaftlicher Praxis und philosophischen Ideen
29.11.2012	Akademievorlesung	Teil 2: Gentechnologie im Spanungsfeld … von Technologieentwicklung und Technikfolgenabschätzung
06.12.2012	Akademievorlesung	Teil 3: Gentechnologie im Spanungsfeld … von Wissenschaft und Öffentlichkeit
07.12.2012	Pressekonferenz	Pressegespräch mit Fachvertretern anlässlich des Erscheinens des Themenbandes „Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?“

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Datum	Veranstaltungsart	Veranstaltungstitel
11.12.2012	Akademievorlesung	Teil 4: Gentechnologie im Spannungsfeld … von Wissenschaft und Politik
10.06.2013	Abendveranstaltung	Grüne Gentechnologie. Trends und Kontroversen
09.12.2013	Tagung	Synthetic Biology – from understanding to application
20.03.2014	Abendveranstaltung	Stratifizierte Medizin – über Stammzellen und andere moderne Technologien
20.03.2014	Tagung	Reprogrammed Stem Cells; in Kooperation mit dem DFG-Schwerpunktprogramm „Pluripotency and Cellular Reprogramming“
20.10.2014	Podiumsdiskussion	Biotechnology and synthetic biology: Potential applications and governance of groundbreaking technologies; in Kooperation mit der Britischen Botschaft in Berlin
01.11.2014	Workshop	Zwischen Wissen und Wissenschaft: inter- und transdisziplinäres Forschen und Kommunizieren; n Kooperation mit der TU Berlin und dem Hygienemuseum Dresden
Mai/Juli 2015	Geisteswiss. Schülerlabor	Und Frieden auf den Feldern – Zur Debatte um die Grüne Gentechnologie
11.02.2015	Podiumsdiskussion	Genomchirurgie – das Ende aller Probleme? Anlässlich der Veröffentlichung des dritten Gentechnologieberichts
03.03.2015	Tagung	Evolution in Menschenhand? Synthetische Biologie in Labor und Atelier; in Kooperation mit der Schering Stiftung und der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Datum	Veranstaltungsart	Veranstaltungstitel
11.11.2015	Workshop	Genomchirurgie: Keimbahntherapie beim Menschen?
25.05.2016	Podiumsdiskussion	The Future of Life is Synthetic: The Promises of Xenobiology
29.09.2016	Fortbildung für Lehrer/-innen	Neue Gentechnik – müssen wir umdenken? Botanischer Garten.
22.11.2016	Workshop	CRISPR-Cas im Spiegel der Öffentlichkeit. Wie gelingt Wissenschaftskommunikation? Das Beispiel Genome Editing; in Kooperation mit dem Büro für Technikfolgenabschätzung
20.03.2017	Podiumsdiskussion	Der epigenetische Zusatz: Ist der Mensch mehr als die Summe seiner Gene?
02.11.2017	Akademievorlesung	Teil 1: Nutzen- und Risikowahrnehmung der Gentechnologien. Ein kritischer Rückblick
09.11.2017	Akademievorlesung	Teil 2: Wie werden Gentechnologien kontrolliert? Rechtliche, ethische und interdisziplinäre Einbettung der Forschung
16.11.2017	Akademievorlesung	Teil 3: Willkommen in Utopia. Zukunftsszenarien der Gentechnologien
15.03.2018	Abendveranstaltung	Visionen der Synthetischen Biologie; in Kooperation mit der Schering Stiftung und der Jungen Akademie
15.03.2018	Workshop	Zur Abendveranstaltung „Visionen der Synthetischen Biologie“; in Kooperation mit der Schering Stiftung und der Jungen Akademie
09.04.2018	Abendveranstaltung	Stammzellen: Ersatzteile für die alternde Gesellschaft?
29.10.2018	Abendveranstaltung mit Pressekonferenz	Buchpräsentation: Vierter Gentechnologiebericht

https://doi.org/10.5771/9783845293790 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY