

Fünfter Gentechnologiebericht

Sachstand und Perspektiven für Forschung und Anwendung

Herausgegeben von

Boris Fehse (Sprecher) | Ferdinand Hucho | Sina Bartfeld
Stephan Clemens | Tobias Erb | Heiner Fangerau | Jürgen Hampel
Martin Korte | Lilian Marx-Stölting | Stefan Mundlos
Angela Osterheider | Anja Pichl | Jens Reich | Hannah Schickl
Silke Schicktanz | Jochen Taupitz | Jörn Walter | Eva Winkler
Martin Zenke



Nomos

Forschungsberichte der interdisziplinären Arbeitsgruppen
der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Fünfter Gentechnologiebericht

Sachstand und Perspektiven für Forschung
und Anwendung

Herausgegeben von

Boris Fehse (Sprecher) | Ferdinand Hucho | Sina Bartfeld
Stephan Clemens | Tobias Erb | Heiner Fangerau | Jürgen Hampel
Martin Korte | Lilian Marx-Stölting | Stefan Mundlos
Angela Osterheider | Anja Pichl | Jens Reich | Hannah Schickl
Silke Schick Tanz | Jochen Taupitz | Jörn Walter | Eva Winkler
Martin Zenke



Nomos



berlin-brandenburgische
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Die Open-Access-Veröffentlichung der elektronischen Ausgabe dieses Werkes wurde mit Unterstützung der Friede Springer Stiftung ermöglicht.

Interdisziplinäre Arbeitsgruppen
Forschungsberichte, Band 44

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.

1. Auflage 2021

© Boris Fehse | Ferdinand Hucho | Sina Bartfeld | Stephan Clemens | Tobias Erb
Heiner Fangerau | Jürgen Hampel | Martin Korte | Lilian Marx-Stölting | Stefan
Mundlos | Angela Osterheider | Anja Pichl | Jens Reich | Hannah Schickl | Silke
Schickanz | Jochen Taupitz | Jörn Walter | Eva Winkler | Martin Zenke (Hrsg.)

Publiziert von
Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG
Waldseestraße 3-5 | 76530 Baden-Baden
www.nomos.de

Gesamtherstellung:
Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG
Waldseestraße 3-5 | 76530 Baden-Baden

ISBN (Print): 978-3-8487-8337-3

ISBN (ePDF): 978-3-7489-2724-2

DOI: <https://doi.org/10.5771/9783748927242>



Onlineversion
Nomos eLibrary



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung
– Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz.

Vorwort

Seit 2001 hat sich die interdisziplinäre Arbeitsgruppe (IAG) *Gentechnologiebericht* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW) die Aufgabe gestellt, die Entwicklung der Gentechnologien und ihrer Relevanz für die Gesellschaft in Form eines Langzeitmonitorings zu beobachten und zu begleiten. Auch 20 Jahre nach ihrer Gründung haben die Gentechnologien nichts von ihrer Bedeutung eingebüßt. Im Gegenteil, sie entwickeln sich rasant weiter und neue Querschnittstechnologien wie das Genome-Editing und die Einzelzellanalyse vernetzen die unterschiedlichen Bereiche untereinander und erhöhen ihre gesellschaftliche Bedeutung. In Biologie, Biomedizin und Biotechnologie, in Landwirtschaft, Industrie und medizinischer Versorgung sind gentechnische Methoden nicht mehr wegzudenken und auch zunehmend wirtschaftlich bedeutsam.

Das öffentliche Interesse an diesen Entwicklungen und ihren ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen bleibt weiterhin hoch. Dabei werden sowohl neue Fragestellungen aufgeworfen als auch bereits bekannte erneut und zum Teil differenzierter oder anders diskutiert. Die IAG hat als Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft von 2001 bis 2021 regelmäßig allgemeinverständliche Gentechnologieberichte und Themenbände zu den unterschiedlichen Gentechnologien in Deutschland publiziert. Auch mit dem vorliegenden „Fünften Gentechnologiebericht“ will sie zu mehr Transparenz und einem breiten öffentlichen Diskurs beitragen.

Der „Fünfte Gentechnologiebericht“ ist in drei Hauptteile gegliedert: Hauptteil I umfasst Beiträge zum naturwissenschaftlichen Sachstand der von der IAG begleiteten Themen, Hauptteil II beschäftigt sich mit ethischen, epistemologischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekten und Hauptteil III präsentiert Überlegungen und Untersuchungen zu Einstellungen zur Gentechnik in der Bevölkerung. Der Bericht enthält auch die Fortführung des durch die IAG etablierten Monitorings unterschiedlicher Gentechnologien anhand von Problemfeld- und Indikatorenanalysen. Den Hauptteilen vorangestellt sind neben der Zusammenfassung (Pichl/Marx-Stöltzing), der Einleitung (Fehse et al., Kap. 1) und einer Reflexion des Gründers der IAG *Gentechnologiebericht* zum Monitoring der IAG (Hucho, Kap. 2) auch die Handlungsempfehlungen zu den Themenfeldern der IAG *Gentechnologiebericht*. Diese werden von den Mitgliedern der IAG gemeinschaftlich getragen. Die darin vorgestellten Empfehlungen bilden die Meinung der IAG

ab, die nicht notwendigerweise von allen Mitgliedern der BBAW vertreten wird; die Akademie steht jedoch hinter der Qualität der geleisteten Arbeit. Die weiteren, im Bericht namentlich gekennzeichneten Beiträge geben nicht zwingend die Meinung der Herausgeberinnen und Herausgeber oder der Arbeitsgruppe oder der BBAW wieder.

Herzlich danken möchte ich allen Mitwirkenden an diesem Bericht, insbesondere den Herausgeberinnen und Herausgebern, allen Autorinnen und Autoren, aber auch dem Nomos-Verlag, vor allem Kristina Stoll und Sandra Frey, für Satz, Druck und die erneute gute Zusammenarbeit. Die Fertigstellung dieses Berichtes wäre ohne das unermüdliche Engagement der Geschäftsstelle der IAG *Gentechnologiebericht* sowie die vielfältige Unterstützung von Ute Tintemann nicht möglich gewesen. Herzlichen Dank dafür!

Die IAG ist der Friede Springer Stiftung für die finanzielle Förderung der letzten drei Jahre und der BBAW für ihre langjährige Unterstützung zu großem Dank verpflichtet.

Die interdisziplinäre Arbeitsgruppe *Gentechnologiebericht* wird ihr Monitoring in den kommenden Jahren am Berlin Institute of Health (BIH) fortsetzen. Wir danken dem BIH für die Weiterführung des Projektes und freuen uns auf einen Neubeginn und die Möglichkeit zur Neuorientierung unserer Forschung.

Boris Fehse

Sprecher der interdisziplinären Arbeitsgruppe *Gentechnologiebericht* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.

Hamburg, im Juli 2021

Inhalt

Anja Pichl und Lilian Marx-Stölting

Zusammenfassung	15
-----------------------	----

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht

Kurzfassung der Handlungsempfehlungen der IAG <i>Gentechnologiebericht</i>	38
--	----

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht

Handlungsempfehlungen zu den Themenfeldern der IAG <i>Gentechnologiebericht</i>	47
---	----

Boris Fehse, Lilian Marx-Stölting, Hannah Schickl und Aida Khachatryan

1. Einleitung	81
1.1 Gentechnologien in Deutschland im Fokus der IAG <i>Gentechnologiebericht</i>	81
1.2 Zu Struktur und Inhalt des „Fünften <i>Gentechnologieberichts</i> “	85
1.3 Literaturverzeichnis	86

Ferdinand Hucho

2. Spotlight: Monitoring, die kritische Beobachtung einer in Teilen umstrittenen Technologie	87
2.1 Monitoring der Gentechnologie in Deutschland	88
2.2 Werkzeug des Monitorings: Indikatoren	88
2.3 Problemfeldanalyse	89
2.4 Allgemeine Voraussetzungen für das Monitoring	90
2.5 Umfeld des Monitorings: die interdisziplinäre Arbeitsgruppe und ihre Arbeitsweise	90
2.6 Erfahrungen mit der Systematik des Monitorings und essenzielle Grundlagen	91
2.7 Literaturverzeichnis	92

Jörn Walter und Nina Gasparoni

3.	Themenbereich Epigenetik: von Zellidentitäten bis hin zu Krankheiten und Therapien	93
3.1	Allgemeine Bedeutung und Prinzipien der Epigenetik	93
3.2	Molekulare Grundlagen der Epigenetik	95
3.3	Epigenomische Technologien	104
3.4	Epigenetik und Nachhaltigkeit epigenetischer Veränderungen	107
3.5	Perspektiven epigenetischer Forschung	110
3.6	Literaturverzeichnis	110

Stefan Mundlos

4.	Themenbereich genetische Diagnostik: Das humane Genom in der medizinischen Diagnostik	114
4.1	Das Humangenomprojekt – ein grundlegender Durchbruch in der Biologie des Menschen	114
4.2	Technologischer Fortschritt in der Genomanalyse	116
4.3	Die neuen Sequenziermethoden – Eine Revolution in der genomischen Analyse und genetischen Diagnostik	121
4.4	Gendiagnostik in der Gesundheitsversorgung	127
4.5	Grenzen, Probleme und ethische Aspekte der Gendiagnostik	131
4.6	Gesetzliche Regelungen	133
4.7	Abrechnungsmodalitäten und Zugang zu genetischer Diagnostik im deutschen Gesundheitswesen	135
4.8	Ausblick: Eine Diagnose für alle seltenen Erkrankungen	136
4.9	Literaturverzeichnis	137

Martin Zenke und Sina Bartfeld

5.	Themenbereich Stammzellen und Organoid: Chancen für die regenerative und personalisierte Medizin, Gen- und Biotechnologie	139
5.1	Zur Definition von Stammzellen und Organoiden	139
5.2	Stammzellen	140
5.3	Organoid	145
5.4	Ethische und rechtliche Einordnung der Forschung an Stammzellen und Organoiden	151
5.5	Literaturverzeichnis	155

Boris Fehse

6.	Themenbereich somatische Gentherapie: aus dem Labor über klinische Studien zum kommerziellen Einsatz	156
6.1	Die Gentherapie weiter auf dem Vormarsch	156
6.2	Krebsgentherapie	158
6.3	Monogene Erbkrankheiten	173
6.4	Zusammenfassung	179
6.5	Literaturverzeichnis	179

Stephan Clemens

7.	Themenbereich Grüne Gentechnologie: mit Genomeditierung zum Neustart?	184
7.1	Entwicklung der Genomeditierung von Pflanzen	184
7.2	Potenziale der Genomeditierung bei Pflanzen	187
7.3	Unintendierte genetische Veränderungen	193
7.4	Transgene Pflanzen	194
7.5	Kommerzieller Anbau von transgenen Pflanzen	196
7.6	Verhinderte Feldversuche – Einschränkung der Forschungsfreiheit	197
7.7	Die Notwendigkeit einer Neuformulierung der Regulierung genetisch veränderter Pflanzen	199
7.8	Fazit: Wird es einen Neustart geben?	201
7.9	Literaturverzeichnis	203

Tobias J. Erb

8.	Themenbereich synthetische Biologie: Top-down- und Bottom-up-Ansätze .	206
8.1	Die synthetische Biologie in einer sich wandelnden Bioökonomie	206
8.2	Biofoundries: Entwicklung neuer Technologien für eine neue Generation Bioingenieurinnen und -ingenieure	209
8.3	Nachhaltige Synthese und Abfallströme als Rohstoffquelle mittels synthetischer Biologie	211
8.4	Bottom-up-Ansatz: Künstliche Zellen für neue Verfahren in der Biotechnologie und Medizin	213
8.5	Fazit	215
8.6	Literaturverzeichnis	215

Boris Fehse, Jörn Walter, Jens Reich, Lilian Marx-Stölting, Anja Pichl und Hannah Schickl

9.	Genome-Editing und Einzelzellanalyse: Neue Methoden und ihre Implikationen für Forschung, Anwendung und Gesellschaft	219
9.1	Genome-Editing	220
9.2	Einzelzellanalyse	240
9.3	Literaturverzeichnis	245

Alma Kelleck und Arnold Sauter

10.	Spotlight: Gene Drives – neuer Impuls für die Gentechnikkontroverse?	251
10.1	Ausgangspunkt: Wirkprinzip und Stand der Entwicklung von Gene Drives	251
10.2	Bekannte Debattenmuster: Übersteigerte Erwartungen und Befürchtungen	253
10.3	Der darunter liegende Konflikt: Technologiefixierung versus Problemlösungsorientierung	254
10.4	Neue Aspekte in der Diskussion um Gene Drives: Größere Brisanz von Risikomanagement und -governance	256
10.5	Ausblick: Herausforderungen für demokratische Mitsprache in neuer Dimension	258
10.6	Literaturverzeichnis	259

Hans-Jörg Rheinberger und Staffan Müller-Wille

11.	Die offene Zukunft des Gens	261
11.1	Standortbestimmung	261
11.2	Die Reduktionismusdebatte	262
11.3	Epigenetik	265
11.4	Die Persistenz des Gendiskurses	267
11.5	Wissenschaftsphilosophische Konsequenzen	269
11.6	Logik der Forschung	271
11.7	Literaturverzeichnis	272

Ali Jawaid und Isabelle M. Mansuy

12.	Generationsübergreifende Auswirkungen von Traumata: Implikationen für Individuen und Gesellschaft	277
12.1	Einführung in die Epigenetik	279
12.2	Epigenetische Mechanismen in der Keimbahn	281
12.3	Vererbung von Traumafolgen in Tiermodellen und beim Menschen ...	282

12.4	Die Rolle des Blutes bei der Übertragung der Auswirkungen von Traumaexposition und Krankheitsanfälligkeit	286
12.5	Zur Bedeutung der epigenetischen Vererbungsforschung für die Gesellschaft	287
12.6	Günstige Zeitfenster	289
12.7	Schlussfolgerungen und Ausblick	293
12.8	Literaturverzeichnis	294

Karla Alex und Eva C. Winkler

13.	Ethischer Diskurs zu Epigenetik und Genomeditierung: die Gefahr eines (epi-)genetischen Determinismus und naturwissenschaftlich strittiger Grundannahmen	299
13.1	Einführung	299
13.2	-ismen	303
13.3	Ethischer Diskurs zu Epigenetik und Genomeditierung – Überschneidungen und Differenzen anhand zentraler Aspekte	313
13.4	Zusammenfassung und Ausblick	320
13.5	Literaturverzeichnis	321

Annette Leßmöllmann

14.	Spotlight: Das „Bürgerdelphi Keimbahntherapie“	324
14.1	Ausgangslage: Keimbahntherapie und Bürger*innenbeteiligung	324
14.2	Ziel und Methoden von BUEDEKA	325
14.3	Ergebnisse des Bürgerdelphis	327
14.4	Fazit	329
14.5	Literaturverzeichnis	330

Jochen Taupitz

15.	Humane Hirnorganoide: Die deutsche Rechtslage	332
15.1	Einleitung	332
15.2	Verfassungsrechtliche Rahmenbedingungen	334
15.3	Der rechtliche Status von Hirnorganoiden nach geltendem Recht	336
15.4	Der rechtliche Status von Hirnorganoiden: Rechtspolitische Überlegungen	348
15.5	Zusammenfassung	352
15.6	Literaturverzeichnis	353

Fruzsina Molnár-Gábor und Andreas Merk

16.	Spotlight: Die datenschutzrechtliche Bewertung von Neurodaten	360
16.1	Die Einordnung von Neurodaten in bestehende Kategorien	361
16.2	Die Verarbeitung von Neurodaten	363
16.3	Datenschutz als Teil der Regelungslösung	367
16.4	Literaturverzeichnis	369

Eva C. Winkler und Barbara Prainsack

17.	Big Data in der personalisierten Medizin – ethische Herausforderungen und Lösungsansätze	371
17.1	Was ist Big Data?	372
17.2	Was hat Big Data mit personalisierter Medizin zu tun?	373
17.3	Ethische Herausforderungen an der Schnittstelle von Forschung und Krankenversorgung	376
17.4	Ethische Begründungen für die und Anforderungen an die Governance der Datennutzung und deren Umsetzung	382
17.5	Partizipation und Empowerment – die Rolle der Patient*innen in datenintensiver und personalisierter Medizin	392
17.6	Fazit	395
17.7	Literaturverzeichnis	396

Silke Schicktanz und Lorina Buhr

18.	Kollektivität, Partizipation und Solidarität in einer zeitgemäßen Bioethik ...	401
18.1	Einleitung	401
18.2	Wann ist Kollektivität normativ relevant?	402
18.3	Schlussüberlegungen und Ausblick	411
18.4	Literaturverzeichnis	412

Martin Korte

19.	Einsatz gentechnologischer Methoden in der Impfstoffentwicklung gegen das SARS-CoV-2-Virus	415
19.1	Die ersten Schritte in der Grundlagenforschung	415
19.2	Impfstoffentwicklung mit gentechnologischen Verfahren	420
19.3	Fazit	430
19.4	Literaturverzeichnis	431

Heiner Fangerau und Alfons Labisch

20. Spotlight: Natur, Kultur und Covid-19 – ein Essay für eine globale Seuchengeschichte	434
20.1 Integrierte Ansätze und ein neuer Blick auf die Geschichte angesichts einer gegenwärtigen pandemischen Krise	435
20.2 Natur, Kultur und ökologische Räume	437
20.3 Verkehr	440
20.4 Technische Mittel der Produktion und Reproduktion	441
20.5 Globale Geschichte	442
20.6 Fazit: Globale und vernetzte Geschichte	443
20.7 Literaturverzeichnis	444

Wolfgang van den Daele und Inge Broer

21. Rückblick auf die Grüne Gentechnik in Europa	447
21.1 Zusammenfassung	447
21.2 Die ‚Normalisierung‘ von Risiken und Ungewissheiten durch Vergleich	448
21.3 Festgefrorenes feindliches Meinungsklima	455
21.4 Abkehr vom liberalen Innovationsregime: Gewinne und Verluste	459
21.5 Licht am Ende des Tunnels?	465
21.6 Literaturverzeichnis	466

Hans-Georg Dederer

22. Spotlight: Welche Folgen hat das EuGH-Urteil zur rechtlichen Einordnung von Mutagenese-Organismen?	469
22.1 EuGH-Urteil vom 25. Juli 2018	469
22.2 Folgen des EuGH-Urteils	472
22.3 Schlussfolgerungen	477
22.4 Literaturverzeichnis	477

Ortwin Renn

23. Gentechnische Anwendungen im Spiegel der nachhaltigen Entwicklung	480
23.1 Einleitung	480
23.2 Klassifizierung gentechnischer Anwendungen	480
23.3 Die Grüne Gentechnik	482
23.4 Die Nachhaltigkeitsbilanz der Grünen Gentechnik	484
23.5 Aussichten	494
23.6 Literaturverzeichnis	498

Jürgen Hampel, Constanze Störk-Biber, Michael M. Zwick und Cordula Kropp

24. Landwirtschaft und Medizin – Antipoden bei der Wahrnehmung der Gentechnik in Deutschland	504
24.1 Einleitung	504
24.2 Das TechnikRadar	505
24.3 Gentechnik in Landwirtschaft und Ernährung	506
24.4 Laborfleisch – eine mögliche Alternative?	510
24.5 Medizin	512
24.6 Fazit	518
24.7 Literaturverzeichnis	520

Angela Osterheider, Louise Herde und Lilian Marx-Stölting

25. Problemfelder und Indikatoren im Bereich der Gentechnologien: eine Synopse	523
25.1 Einführung: Motivation und Zielsetzung	523
25.2 Problemfelderhebung und Indikatorenanalyse im Bereich der Gentechnologien	524
25.3 Problemfelder und Indikatoren zu ihrer Beschreibung	526
25.4 Indikatoren im Bereich der Gentechnologien	540
25.5 Indikatoren im Bereich der Gentechnologien: ein Überblick	569
25.6 Literaturverzeichnis	573

Angela Osterheider, Melanie Leidecker-Sandmann, Sarah Kohler, Volker Stollorz, Meik Bittkowski, Yannick Milhahn und Markus Lehmkuhl

26. Spotlight: Expert*innen auf dem Gebiet der SynBio. Eine Recherche unter Anwendung des ExpertExplorers	575
26.1 Einleitung	575
26.2 Definition wissenschaftlicher Expertise	576
26.3 Funktionsweise des ExpertExplorers	577
26.4 ExpertExplorer: Expert*innen auf dem Gebiet der SynBio	578
26.5 Fazit und Reflexion	582
26.6 Literaturverzeichnis	584
27. Anhang	585
27.1 Abbildungen und Tabellen	585
27.2 Autorinnen und Autoren	588