

Synthetische Biologie

Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?

Interdisziplinäre Arbeitsgruppen
Forschungsberichte

Herausgegeben von der
Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Band 30

Mitglieder der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“

Bernd Müller-Röber (Sprecher), Ferdinand Hucho (stellv. Sprecher), Nediljko Budisa, Boris Fehse,
Jürgen Hampel, Kristian Köchy, Jens Reich, Hans-Jörg Rheinberger, Hans-Hilger Ropers,
Jochen Taupitz, Jörn Walter

Synthetische Biologie

Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?

Themenband der interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht

Kristian Köchy, Anja Hümpel (Hrsg.)



Diese Publikation erscheint mit Unterstützung der Senatsverwaltung für Wirtschaft Technologie und Forschung des Landes Berlin und des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg.

Der Verlag sowie die Autorinnen und Autoren haben alle Sorgfalt walten lassen, um vollständige und akkurate Informationen in diesem Buch zu publizieren. Der Verlag übernimmt weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für die Nutzung dieser Informationen, für deren Wirtschaftlichkeit oder fehlerfreie Funktion für einen bestimmten Zweck. Ferner kann der Verlag für Schäden, die auf einer Fehlfunktion von Programmen oder Ähnliches zurückzuführen sind, nicht haftbar gemacht werden. Auch nicht für die Verletzung von Patent- und anderen Rechten Dritter, die daraus resultieren. Eine telefonische oder schriftliche Beratung durch den Verlag über den Einsatz der Programme ist nicht möglich. Der Verlag übernimmt keine Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren, Programme usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenzeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Der Verlag hat sich bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber dennoch der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das einfache branchenübliche Honorar gezahlt.

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle Rechte vorbehalten

1. Auflage 2012

Herausgeberin der Reihe: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (BBAW)

Verlegerische Betreuung: Forum W – Wissenschaftlicher Verlag, Dornburg

Satz: Petra Florath, Berlin

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany

ISBN 978-3-940647-07-8

Vorwort

Die Synthetische Biologie – schenkt man der Medienberichterstattung und einigen ihrer prominenten Protagonisten Gehör – ist *die* neue Forschungsdisziplin der Lebenswissenschaften im 21. Jahrhundert: eine Ingenieurbiologie, die die Natur als Baukasten versteht und Leben aus seinen einzelnen Bausteinen beliebig neu zusammensetzt. Es geht um Erkenntnisgewinn über Lebensvorgänge, aber vor allem um innovative, ökonomische Anwendungen für die Biomedizin und Biotechnologie. Dabei sollen beispielsweise Mikroorganismen maßgeschneidert konstruiert werden, um neuartige Medikamente oder biologische Werkstoffe zu produzieren. Moderatere Stimmen hingegen sehen den Begriff „Synthetische Biologie“ aktuell geradezu inflationär gebraucht und in der gegenwärtigen Forschung eher eine konsequente Weiterentwicklung der modernen Gentechnologie. Das Ringen um die Deutungshoheit, ob nun neu oder nur neu etikettiert, ist ein bezeichnendes Element der fachinternen Debatte um die Synthetische Biologie. In der deutschen Öffentlichkeit ist die Synthetische Biologie ungeachtet ihrer rasanten Entwicklung im letzten Jahrzehnt noch weitgehend unbekannt. Jedoch werden bereits Befürchtungen von Verbraucherschutzorganisationen geäußert, dass hier eine neue, besorgniserregende Technik ohne eine hinreichende gesellschaftliche Diskussion entwickelt wird, die leichtfertig mit Leben und möglichen Risiken umgeht.

In diesem Spannungsfeld aus divergierenden Meinungen und damit verbundenen unklaren Chancen und Risiken will die interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW) zu mehr Transparenz im öffentlichen Diskurs beitragen. Initiiert von Ferdinand Hucho observiert die Arbeitsgruppe seit 2002 die Entwicklungen der Gentechnologie in Deutschland. Ihr Anliegen ist ein langfristiges und unabhängiges Monitoring der Hochtechnologie. Mit dem Erscheinen des ersten Gentechnologieberichts im Jahr 2005 wurde ein datengestütztes, indikatorenbasiertes Verfahren entwickelt, das die Problemfelder der Gentechnologie für den öffentlichen Diskurs greifbar macht. Neben der fortlaufenden Berichtsreihe sind in den letzten Jahren zusätzliche Themenbände er-

schienen, die einzelne Bereiche der Gentechnologie – wie hier erstmalig die Synthetische Biologie – detailliert in den Fokus nehmen.

Die offene Frage nach der Beziehung zwischen Gentechnologie und Synthetischer Biologie stellt dabei den Leitfaden für die einzelnen Beiträge dar. Entstanden ist ein umfassender Themenband, der die heterogenen Perspektiven auf das Forschungsfeld erfasst und diese als besonderen Charakter der Synthetischen Biologie anerkennt. In breiter Aufstellung werden dabei nicht nur wissenschaftlicher Sachstand und beispielhaft Anwendungen vorgestellt, sondern auch ethische Überlegungen, Blickwinkel der öffentlichen Wahrnehmung und die philosophischen Rahmenannahmen einer solchen Ingenieurbiologie diskutiert. Erstmals wurden in dieser Publikationsreihe Essays aufgenommen, die als „Spotlights“ einen persönlicheren Blick auf besondere Facetten der Synthetischen Biologie geben. Relevante Indikatoren sind in gewohnter Weise recherchiert worden und mit dem Stand Oktober 2012 wiedergegeben. Wie für alle Themen im Fokus der Arbeitsgruppe ist eine Fortschreibung vorgesehen, um die Entwicklung, die die Synthetische Biologie in Zukunft nehmen wird, verfolgen zu können.

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Herausgeber oder der Arbeitsgruppe wieder. Die Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ verantwortet gemeinsam die Kernaussagen und Handlungsempfehlungen. Sie stellen die Meinung der Arbeitsgruppe dar, die nicht notwendigerweise von allen Mitgliedern der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften vertreten werden; die Akademie steht jedoch hinter der Qualität der geleisteten Arbeit.

Herzlich gedankt sei Silke Domasch für die vielfältige Unterstützung bei Konzeption und Management des Buchprojektes sowie Lilian Marx-Stölting und Martin Schmidt für die sorgfältige Durchsicht des finalen Manuskripts; an Petra Florath geht wieder ein großer Dank für die ausgezeichnete Zusammenarbeit beim Setzen des Themenbandes.

Bernd Müller-Röber

Sprecher der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ der BBAW

Berlin, im Oktober 2012

Inhalt

Zusammenfassung

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ 11

Kernaussagen und Handlungsempfehlungen 29

Kristian Köchy

1. Was ist Synthetische Biologie? 33

1.1 Klassifikation nach Verfahrenstyp 42

1.2 Klassifikation nach Anwendungsfeldern oder Produktionsbereichen 43

1.3 Klassifikation nach (biologischen) Forschungsobjekten 44

1.4 Klassifikation nach dem veranschlagten Technologieideal 46

1.5 Klassifikation nach den Paradigmen und Leitbildern 47

1.6 Literatur 47

Julia Diekämper, Anja Hümpel

2. Synthetische Biologie in Deutschland. Eine methodische Einführung 51

2.1 Indikatorenzentrierte Problemfeldanalyse 51

2.2 Aktuelle Problemfelder der Synthetischen Biologie in Deutschland und
Indikatoren für ihre Beschreibung 52

2.3 Literatur 60

Heiner Fangerau

3. Zur Geschichte der Synthetischen Biologie 61

3.1 Synthetische Biologie 63

3.2 Technikeuphorie 64

3.3 Legitimation und Kritik 73

3.4 Schlussfolgerungen 75

3.5 Literatur 80

Nediljko Budisa

4. Chemisch-Synthetische Biologie	85
4.1 Terminologie	85
4.2 Synthese von „Leben“ in der Synthetischen Biologie	87
4.3 Synthese von „Leben“ in der Chemie	89
4.4 Top-down-Ansätze in der Synthetischen Biologie	91
4.5 Bottom-up-Ansätze in der Synthetischen Biologie	94
4.6 Systems Engineering und Synthetische Biologie	97
4.7 Definition des Lebens – das Chemoton-Konzept	99
4.8 Definieren eines minimalen Bakteriengenoms	103
4.9 Xenobiologie	108
4.10 Literatur	112

Natascha Hotz, Wilfried Weber

5. Therapeutische Perspektiven der Synthetischen Biologie	117
5.1 Synthetische genetische Schalter und Netzwerke	117
5.2 Prävention von Krankheiten	119
5.3 Entdeckung von neuen Medikamenten dank genetischer Schalter	120
5.4 Integration synthetischer genetischer Schalter in den Wirtsorganismus	125
5.5 Transfer von biologischen Schaltern aus der Synthetischen Biologie in die Materialwissenschaften zur Synthese intelligenter Materialien	129
5.6 Zusammenfassung und Ausblick	131
5.7 Literatur	132

Hanna Wagner, Volker Morath

Spotlight I: iGEM – Eine studentische Ideenwerkstätte der Synthetischen Biologie	134
---	-----

Kristian Köchy

6. Philosophische Implikationen der Synthetischen Biologie	137
6.1 Synthetische Biologie als Forschungsprogramm	137
6.2 Der philosophische Rahmen der Synthetischen Biologie	139
6.3 Der Denkstil des Ingenieurs	140

6.4	Menschenbilder und Handlungskonzepte: Vom Homo faber zum Homo creator	143
6.5	Von der Biologie zur Ingenieurbiologie	145
6.6	Biotechnik als Sonderform der Technik?	147
6.7	Organismen als Maschinen?	150
6.8	Maschine und „automaton“	151
6.9	Plastische Maschinen: Von klassischen Energiewandlern zur Kybernetik	153
6.10	Selbstreplizierende Maschinen: Nanomaschinen und Assembler	155
6.11	Literatur	158
Hans-Jörg Rheinberger, Horst Bredekamp		
	Spotlight II: Die neue Dimension des Unheimlichen	162
Johannes Achatz, Martin O'Malley, Peter Kunzmann		
7.	Der Stand der ethischen Diskussionen um Synthetische Biologie	165
7.1	Ethik und Synthetische Biologie	165
7.2	Zum Aufbau: Konzeptuelle Fragen und reale ethische Probleme	167
7.3	Konzeptuelle Fragen	168
7.4	Ethische Probleme	174
7.5	Fazit	185
7.6	Literatur	186
Susanne Nessler		
	Spotlight III: Biohacker – Über Laienforscher und die Synthetische Biologie	192
Hille Haker		
8.	Eine Verhältnisbestimmung von Theologie und Synthetischer Biologie aus ethischer Sicht	195
8.1	Theologie und Wissenschaft	196
8.2	Die theologischen Grundsätze der christlichen Sozialethik – die Position der Kirche zur Biotechnologie	201
8.3	Perspektiven für die zukünftige theologisch-ethische Forschung zur Synthetischen Biologie	205
8.4	Vorläufiges Fazit	211
8.5	Literatur	212

Julia Diekämper

9. Die Synthetische Biologie in den Medien	215
9.1 Das Auftauchen der Synthetischen Biologie	218
9.2 Unter Hybrisverdacht: Wissenschaft als Eingriff in die Schöpfung	222
9.3 Wissenschaft als Spiel	226
9.4 Fazit	229
9.5 Literatur	231

Mila Burghardt

Spotlight IV: Its hot, its new, its alife – Super Cell, der Supermarkt des Lebens	234
--	-----

Jürgen Hampel

10. Synthetische Biologie – eine unbekannte Technologie	237
10.1 Bekanntheit	239
10.2 Informationssuche	241
10.3 Governance-Präferenzen	243
10.4 Bewertung der Synthetischen Biologie	248
10.5 Diskussion	253
10.6 Literatur	254

Anja Hümpel, Julia Diekämper

11. Daten zu ausgewählten Indikatoren	257
11.1 Einführung und Übersicht	257
11.2 Daten zu Forschungsstandort Deutschland, Realisierung wissenschaftlicher Ziele, öffentliche Wahrnehmung und Bewertung, gesetzlicher Rahmen, ethischer Umgang mit Leben, Lebensbegriff, Abgrenzung von Natur und Technik/Kultur und Dialogverpflichtung	261
11.3 Zusammenfassung	284

12. Anhang	286
12.1 Autorinnen und Autoren	286
12.2 Abbildungen und Tabellen	287