

Friedemann Voigt [Hrsg.]

# Stufenmodell zur ethischen Bewertung der Synthetischen Biologie



Nomos

TTN  
Ethik interdisziplinär

TTN-Studien – Schriften aus dem Institut  
Technik-Theologie-Naturwissenschaften  
an der Ludwig-Maximilians-Universität München

wird herausgegeben von

Prof. Dr. Christian Albrecht, Prof. Dr. Jens Kersten,  
Prof. em. Dr. Christian Kummer, SJ, Gerson Raabe,  
Horst Rauck†, Dr. Stephan Schleissing

Band 6

Friedemann Voigt [Hrsg.]

**Stufenmodell zur  
ethischen Bewertung  
der Synthetischen Biologie**



**Nomos**

**TTN**

Ethik interdisziplinär

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

ISBN 978-3-8487-4038-3 (Print)

ISBN 978-3-8452-8338-8 (ePDF)

1. Auflage 2017

© Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 2017. Gedruckt in Deutschland. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier.

## Vorwort

Die ethische Begleitforschung zu Lebenswissenschaften, Biotechnologie und *converging technologies* ist selbst nur interdisziplinär durchzuführen. Die für die ethische Urteilsbildung notwendige und grundlegende Einsicht in die tatsächliche Forschung bedarf derjenigen, die diese Forschung selbst betreiben. Von daher ist in der ethischen Begleitforschung von vorneherein eine Asymmetrie enthalten, die in einer ungleichen Verteilung des Sachwissens zwischen den Fachwissenschaften und der begleitenden Ethik besteht. Die ethische Aufgabe besteht häufig zunächst einmal darin, diese Fachperspektive durch andere Blickweisen zu ergänzen und so eine andere Sichtweise auf die Forschung zu erzielen, in der diese als Beitrag zur humanen Lebenspraxis verstanden und beschrieben wird. Die interdisziplinäre Arbeit ethischer Begleitforschung ist daher vielschichtig und spannungsvoll.

Die vorliegende Studie zur ethischen Bewertung der Synthetischen Biologie ist das Resultat einer solchen, langjährigen interdisziplinären Bemühung. Sie wurde im LOEWE-Zentrum für Synthetische Mikrobiologie der Philipps-Universität Marburg und des Max-Planck-Instituts für terrestrische Mikrobiologie unter Leitung der AG Bioethik seit 2012 in einem „Expertenkreis zur Bewertung der Synthetischen Biologie“ erarbeitet.

Mein Dank geht an die Kollegen, die sich an der SYNMIKRO AG Bioethik beteiligt haben: Stephan Becker, Michael Bölker, Bruno Eckhardt, Peter Graumann, Johann Heider, Eyke Hüllermeier und Torsten Waldminghaus. Daniel Falkner hat als Mitarbeiter der AG Bioethik die Studie engagiert begleitet und wesentlich zu ihrer Endgestalt beigetragen.

Torsten Waldminghaus (SYNMIKRO), Stephan Becker (Virologie, Philipps-Universität Marburg), Gert Bange und das iGem-Team (SYNMIKRO) sowie Christian Jogler (Leibniz-Institut DSMZ Braunschweig) haben für die Fallstudien dieses Bandes Einblicke in ihre Arbeit gegeben. Ich danke ihnen allen sehr für die Bereitschaft und Aufgeschlossenheit, mit der sie ihre Forschung dargelegt und der ethischen Abwägung unterzogen haben.

Ein besonderer Dank gilt Diana Feßl, die mit großer Sorgfalt das Manuskript für den Druck vorbereitet hat. Dem Vorstand des Instituts TTN und namentlich Stephan Schleissing gilt mein verbindlicher Dank für die Auf-

*Vorwort*

nahme dieser Studie in die „TTN-Studien“, ebenso wie Volker Daiber von der NOMOS-Verlagsgesellschaft.

Marburg, im November 2016

*Friedemann Voigt*

# Inhaltsverzeichnis

I. Zur Einleitung	11
Friedemann Voigt: Die ethischen und hermeneutischen Grundlagen des Bewertungsmodells	11
Die ethische Herausforderung der Synthetischen Biologie als <i>converging technology</i>	11
Die Aufgabe der ethischen Begleitforschung	12
Die ethische Begleitforschung bei SYNMIKRO	14
Johann Heider: Aktuelle Forschungsinteressen und Anwendungen der Synthetischen Mikrobiologie	17
Daniel Falkner: Überblick über den gegenwärtigen Stand der ethischen Debatte zur Synthetischen Biologie	25
1. Kurze Darstellung des Verlaufs der Debatte um die Synthetische Biologie	25
2. Zentrale Themen und gegenwärtiger Stand der ethischen Debatte	30
2.1 Der Lebensbegriff und der methodisch-ontologische Status synthetischer Organismen	33
2.2 Biosafety und Biosecurity	37
2.3 Verantwortung und Vertrauen von Wissenschaft und Gesellschaft	44
II. Das Stufenmodell zur ethischen Bewertung der Synthetischen Biologie	49
Vorbemerkung	49
1. Die Ebenen der Beschreibung	51
1.1 Klassifikation der Synthetischen Biologie	51
1.2 Definitionsbereiche	52
1.3 Ebenen der ethischen Verantwortung	53
2. Die Dimensionen der ethischen Beurteilung	54
2.1 Bestimmbarkeit des Forschungsgegenstandes und der Folgen (Eingriffstiefe und Komplexität)	55

2.2 Reichweite der Folgen (Reversibilität und Eingrenzbarkeit)	58
2.3 Das Verantwortungs- und Vertrauensverhältnis von Wissenschaft und Gesellschaft (ethischer Sinn und wissenschaftlicher Zweck der Forschung)	59
3. Die Stufen ethischer Verantwortung	61
4. Verfahrenskarte: Das Stufenmodell in den methodischen Schritten von Beschreiben, Beurteilen und Einordnen	65
III. Fallstudien	66
Vorbemerkung	66
Fallstudie 1: Konstruktion eines sekundären synthetischen Chromosoms in E. Coli	67
1. Ebenen der Beschreibung	68
Klassifikation	68
Definitionsbereiche	70
Ebenen ethischer Verantwortung	71
2. Dimensionen der Beurteilung	72
Bestimmbarkeit des Forschungsgegenstandes und der Folgen	72
Reichweite der Folgen	73
Verantwortungs- und Vertrauensverhältnis von Wissenschaft und Gesellschaft	74
3. Einordnung in die Stufen ethischer Verantwortung	75
Fallstudie 2: Herstellung pathogener Viren am Beispiel des Marburg-Virus	77
1. Ebenen der Beschreibung	78
Klassifikation	78
Definitionsbereiche	79
Ebenen ethischer Verantwortung	80
2. Dimensionen der Beurteilung	82
Bestimmbarkeit des Forschungsgegenstandes und der Folgen	82
Reichweite der Folgen	83
Verantwortungs- und Vertrauensverhältnis von Wissenschaft und Gesellschaft	84
3. Einordnung in die Stufen ethischer Verantwortung	85
Fallstudie 3: Die Entwicklung von synthetischen Minizellsystemen, die direkt im menschlichen Darmtrakt Nährstoffe produzieren	88



1. Ebenen der Beschreibung	89
Klassifikation	89
Definitionsbereiche	91
Ebenen ethischer Verantwortung	92
2. Dimensionen der Beurteilung	94
Bestimmbarkeit des Forschungsgegenstandes und der Folgen	94
Reichweite der Folgen	96
Verantwortungs- und Vertrauensverhältnis von Wissenschaft und Gesellschaft	96
3. Einordnung in die Stufen ethischer Verantwortung	98
Fallstudie 4: Konstruktion eines synthetischen Bakteriums, das Ammonium aus Abwasser in Hydrazin (Raketentreibstoff) verwandeln soll	100
1. Ebenen der Beschreibung	101
Klassifikation	101
Definitionsbereiche	102
Ebenen ethischer Verantwortung	103
2. Dimensionen der Beurteilung	104
Bestimmbarkeit des Forschungsgegenstandes und der Folgen	104
Reichweite der Folgen	105
Verantwortungs- und Vertrauensverhältnis von Wissenschaft und Gesellschaft	106
3. Einordnung in die Stufen ethischer Verantwortung	107



## I. Zur Einleitung

*Friedemann Voigt: Die ethischen und hermeneutischen Grundlagen des Bewertungsmodells*

Im Marburger LOEWE-Zentrum für Synthetische Mikrobiologie SYNMI-KRO hat die ethische Begleitforschung seit der Gründung einen festen Platz in einem eigenen Arbeitsbereich Bioethik. Die mit der Synthetischen Biologie sich eröffnenden Handlungsmöglichkeiten, die vorhandenen, die denkbaren und die erhofften Optionen zur Modifikation, Gestaltung und Herstellung von Organismen wecken bei den beteiligten Forscherinnen und Forschern wie in der Öffentlichkeit Fragen nach der Wissenschaftsverantwortung. Dieser Aufgabe ist die Arbeit der AG Bioethik gewidmet. Sie richtet sich mit der vorliegenden Studie gleichermaßen an die Fachwissenschaft wie an eine breite Öffentlichkeit.

Die ethische Herausforderung der Synthetischen Biologie als *converging technology*

Die Synthetische Biologie ist eine junge Forschungsrichtung, die sich dadurch auszeichnet, dass sie unterschiedliche Wissenschaftsfelder und -perspektiven integriert: Biologie, Ingenieurwissenschaft, Chemie, Physik, Mathematik und Informatik sind beteiligt. Die Synthetische Biologie wird daher zu den *converging technologies* gerechnet. Wie das Spektrum der involvierten Disziplinen ist auch die Ausrichtung der Forschung breit gefächert: Sie reicht von der Grundlagenforschung, in der elementare Prozesse des Lebens aufgeschlüsselt werden, bis hin zur anwendungsorientierten Forschung zu industriellen Zwecken.<sup>1</sup> Dieser Umfang der For-

---

1 Zur Einführung vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina: Synthetische Biologie. Stellungnahme, Weinheim 2009 ([www.dfg.de/download/pdf/dfg\\_im\\_profil/reden\\_stellungnahmen/2009/stellungnahme\\_synthetische\\_biologie.pdf](http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/2009/stellungnahme_synthetische_biologie.pdf)) sowie Deutscher Ethikrat: Perspektivenpapier Synthetische Biologie, 2009 ([www.ethikrat.org/dateien/pdf/Perspektivenpapier\\_Synthetische\\_Biologie\\_2009-04-23.pdf](http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/Perspektivenpapier_Synthetische_Biologie_2009-04-23.pdf)).