

HANS J. MÜNK

VON DER NATUR ZUR GEGENNATUR?

Synthetische Biologie (SB) in der Diskussion

Kommentierte Präsentation eines neuen Tagungsbandes

Prof. em. Dr. Hans J. Münk, Jg. 1944, Philosophische und theologische Studien an den Universitäten Freiburg i. Br. und Gregoriana/Rom, Promotion (Dr. theol.) 1983, Habilitation 1986; ab 1987 o.Prof. für Theologische und Philosophische Ethik an der Theologischen Fakultät Luzern. Die Schwerpunkte der wissenschaftlichen Veröffentlichungen liegen teils auf historischem Gebiet (Beziehung der Theologischen Ethik zu philosophischen Strömungen, insbesondere zur Ethik Kants), teils im Bereich aktueller ethischer Brennpunkte (ethische Fragen der Technik, der Medizinischen Ethik, der Wissenschaftsethik; Ökologische Ethik; ethische Grundlagen und Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung, interreligiöse und Menschenrechtsethik).

Seit August 2009 als Ordinarius und Institutsleiter an der Universität Luzern emeritiert; (2008–2011) Mitglied der „Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im Außerhumanbereich“ (EKAH); Lehrvertretung im Fach Christliche Sozialethik an der Ludwig-Maximilians-Universität München (SS 2011 und WS 2011/12).

Veröffentlichungen u. a.: *Der Freiburger Moraltheologe Ferdinand Geminian Wanker und I. Kant* (1985); *Die Christliche Ethik vor der Herausforderung durch die Gentechnik* (1991); *Verantwortung in Wissenschaft und Forschung* (1993); *Die somatische Gentherapie in der Diskussion* (1996); *Nachhaltige Entwicklung und Soziallehre* (1998); *Nachhaltige Entwicklung im Schatten der Globalisierung* (2000); *Christliche Sozialethik vor den Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung in einer globalisierten Welt* (2001); *Schöpfung, Theologie und Wissenschaft* (2006); *Die Theologie im interreligiösen Menschenrechtsdialog [Theologie und Menschenrechte]* (2008); *Wann ist Bildung gerecht?* (2008); *Der lange Schatten des Nominalismus* (2010); *Stellt uns die Synthetische Biologie vor neue Fragen?* (2011).

Der Sammelband *Leben schaffen?*¹, der im Folgenden vorgestellt und mit eigenen Stellungnahmen ergänzt werden soll, geht auf eine 2009 vom Institut für Ethik und Geschichte der Medizin der Universität Freiburg i. Br.

¹ JOACHIM BOLDT/OLIVER MÜLLER/GIOVANNI MAIO (Hg.): *Leben schaffen? Philosophische und ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie*. Paderborn: mentis, 2012.

organisierte Tagung zurück. Im Vorwort steht der Hinweis, dass erstmals in Deutschland eine so umfassend interdisziplinär besetzte, universitäre Veranstaltung zur SB stattfand. Dies entspricht der relativ kurzen, unmittelbaren Forschungsgeschichte im deutschsprachigen Raum. Die Begriffsbildung ‚SB‘ ist zwar schon älteren Datums², doch als Bezeichnung eines real etablierten, neuen Forschungsfeldes kennt ihn die Öffentlichkeit erst seit einigen Jahren.³ In der Darstellung und Bewertung aufsehenerregender Entwicklungsschritte in den Medien wurde zwar – wie einst bei verschiedenen Varianten der Gentechnik – nicht mit zahlreichen Metaphern aus verschiedenen Herkunftsfeldern und düsteren Szenarien gespart.⁴ Das Hamburger Magazin „Der Spiegel“ z. B. beschwor in einem Artikel aus dem Jahr 2006 die Angst vor „synthetisch“ hergestellten Mikroben, die „in die Umwelt entfliehen und dort ein Eigenleben beginnen: Sie mutieren und werden dadurch zu Krankheitserregern, die kaum mehr zu kontrollieren sind. Und Terroristen könnten versucht sein, sich aus dem Werkzeugkasten der SB zu bedienen und Monstermikroben herstellen“⁵. So manche mediale Zuspitzung erinnert ganz unmittelbar an die kontroverse Gentechnik-Debatte aus dem letzten Viertel des 20. Jahrhunderts.⁶ Zur Erklärung dafür, dass es in der breiten Öffentlichkeit der deutschsprachigen Gebiete bislang nicht zu vergleichbar heftigen Reaktionen und Vorkommnissen kam, ist zunächst – und eher oberflächlich gesehen – an empirische Umfrageergebnisse zu erinnern, die z. B. im Februar 2010 im Rahmen des sog. „Eurobarometers“ eine weit verbreitete Unkenntnis der SB ergaben.⁷ Speziell für den deutschsprachigen Raum wurde bei einer besser informierten Minderheit allerdings – neben einem besonders hohen Interesse an potentiellen Nutzenaspekten der SB – doch auch ein beträchtliches Ausmaß an Ablehnung ausgemacht.

Sowohl in der medialen Darstellung als auch in manchen Experten-Stellungnahmen schlagen sich immer wieder Anzeichen eines Unbehagens nieder, die in einem neueren Fachartikel nach zwei Seiten hin differenziert werden: „einerseits als eine Reaktion auf die propagierten Visionen und Erwartungs-

² Vgl. S. LEDUC: *Biologie synthétique* (1912).

³ Vgl. A. CSERER et al.: *Darstellungen* (2011), S. 369ff.

⁴ Vgl. ebd., S. 369–386.

⁵ J. BLECH: *Die Neuerfindung* (2006), S. 128.

⁶ Vgl. J. HAMPEL/O. RENN: *Gentechnik* (1999); die Beiträge dieses Bandes lassen ein außerordentlich vielgestaltiges Spektrum an Reaktionen erkennen; die Annahme einer flächendeckenden Ablehnung wird dem soziologischen Befund nicht gerecht.

⁷ In einer Zusammenfassung ist von 83% der EU-Bevölkerung die Rede, welche die SB bis dahin noch nicht zur Kenntnis genommen habe; vgl. http://ec.europa.eu/public_opinion/whats_new2010_en.htm; vgl. dazu auch J. RIED et al.: *Unbehagen* (2011), S. 349f.

versprechungen der SB, andererseits als ein Unwohlsein der Wissenschaftler angesichts der unklaren Definitions-lage des Forschungszweiges, verbunden mit vielversprechenden Visionen, deren Realisier- und Umsetzbarkeit sich größtenteils erst noch erweisen muss⁸. Dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch sehr vieles im Fluss ist, zeigt sich u. a. im Fehlen einer allgemein anerkannten Definition bzw. in den z. T. deutlich voneinander abweichenden Definitionsvorschlägen.⁹

Zwei Komponenten spielen indes bei der Beschreibung des neuen Forschungsfeldes regelmäßig eine tragende Rolle: Zum einen ist es die durchgehende Betonung des ingenieurwissenschaftlichen Charakters (sog. *bio-engineering* bzw. *engineering on biology*); zum andern wird als charakteristische Zielsetzung praktisch immer die Vorstellung genannt, neue biologische Systeme herstellen zu wollen, die in der herkömmlichen Natur nicht vorkommen. Bei diesen angezielten Ergebnissen würde es sich also um Elemente einer Art „Parallelwelt“ oder einer „Opposition zur Natur“¹⁰ handeln. Diese Perspektive bildet den Hintergrund der Titelfrage.

Auch der hier im Mittelpunkt stehende Tagungsband spiegelt – freilich in unterschiedlicher Deutlichkeit – diese Grundzüge. Die folgenden Abschnitte (1.–4.) orientieren sich (samt Überschriften) an der Einteilung dieses Werkes. Nach einer zusammenfassenden Übersicht der Beiträge folgt jeweils eine eigene Stellungnahme zu den vorgetragenen Inhalten. Selbstverständlich kann aus Raumgründen nur eine Auswahl in Frage kommen. Den Abschluss (5.) werden einige übergreifende Folgerungen zu der in Gang gekommenen öffentlichen Grundlagendiskussion bilden.

1. „Forschungsfeld und Anwendungsgebiete“ (S. 19–48)

1.1 Beiträge

Der erste, von S. BILLERBECK und S. PANKE (ETH Zürich) verfasste, Artikel (S. 19–40) nennt die SB treffend eine „neue biologische Ingenieursdisziplin“ (S. 19); sie wird zusammenfassend als Bestreben beschrieben, „komplexe biologische Systeme mit neuen Eigenschaften und neuen Funktionen in effizienter und planbarer Weise zu konstruieren“ (S. 20). ‚Effizient‘ und ‚planbar‘ spielen auf eine Überbietung der Gentechnologie an, der nur ein ‚bescheide-

⁸ J. RIED et al.: Unbehagen, S. 350.

⁹ Vgl. z.B. A. CSERER et al.: Darstellungen, S. 375.

¹⁰ Ebd., S. 376. „Opposition“ ist in diesem Kontext nicht im wertenden Sinn zu verstehen.

ner Veränderungsanspruch“ (S. 21) attestiert wird. Die Verfasser forschen zu sog. orthogonalen Systemen. Orthogonalität, ein aus der Informatik genommener Begriff, stellt eine Schlüsselanforderung im Zusammenhang mit dem Modularitätsprinzip dar, an dem man sich orientiert, wenn es gilt, komplexe neue Systeme aus diversen Subsystemen zu bilden; diese sollten – auch wenn sie ursprünglich unabhängig voneinander entwickelt wurden – schließlich ein Funktionsganzes sein. Damit ist z. B. die gewünschte Implementierbarkeit unabhängiger Elemente in ein vorhandenes zelluläres Tragesystem angesprochen. Orthogonalität zielt auf eine störungsfreie Kombinierbarkeit von unabhängigen Modulen; sie sollten ohne unerwünschte Interferenzen funktionieren können. Anders ausgedrückt ist damit die „Sperrung des zu untersuchenden Systems gegenüber Informationsflüssen eines anderen Systems“ (S. 46) gemeint.

In natürlichen biologischen Systemen wird Erbinformation kopiert. SB kann hingegen unter Nutzung einiger technischer (und damit eng verbundener finanzieller) Verbesserungen (Automation und Miniaturisierung) zur Herstellung von DNA-Sequenzen chemische Syntheseprodukte verwenden, wodurch nun auch das „Design“ der Sequenzstruktur ohne Kopiervorlage, also durch einen neuen technischen Entwurf (sog. „de novo DNS-Synthese“), bestimmt wird. Die strukturelle Verzahnung mit anderen Technologien – SB ist als *converging technology* einzuordnen – bedeutet freilich auch, dass über Erfolge und Tempo der Entwicklung einige externe Faktoren mitentscheiden.

Abschließend betonen BILLERBECK und PANKE, dass aus der speziell strukturierten Interdisziplinarität der SB besondere Konsequenzen für Studium und Ausbildung zu ziehen seien.

Der Freiburger Molekularbiologe M. RETH verortet in seinem Beitrag (S. 41–48) die SB im größeren Rahmen biologischer bzw. biotechnischer Forschungen der letzten Jahrzehnte. Etwas salopp unterstreicht er den Ingenieurscharakter mit dem Hinweis, dass die SB aus „isolierten ‚biobricks‘ (biologische Komponenten im Sinne von DNA-Funktionseinheiten, H. J. M.) neue biologische Maschinen (bastelt)“ (S. 45). In Bezug auf die nach Art von Maschinenbestandteilen verstandenen, biologischen Moleküle zielt ein Forschungsweg auf die „Entwicklung ganz neuartiger Moleküle, die so in der Natur nicht vorkommen“ (S. 44). Der damit verbundene Erkenntnisgewinn könnte schließlich an so überaus weittragende bzw. fundamentale Weltbildfragen rühren wie die grundlegende Unterscheidung zwischen belebter und unbelebter Natur.

Deutlicher formuliert M. SCHMIDT¹¹ (Organisation for International Dialogue and Conflict Management, Wien) solche ehrgeizig klingenden Ziele, wenn er diese Forschungslinie (Protozellforschung) mit dem Begreifen des Ursprungs des Lebens verbindet und der SB sogar im Sinne einer „Xenobiologie“ die Aufgabe der Erweiterung und Veränderung oder gar des Austauschs des genetischen Codes zutraut (z. B. 6 statt nur 4 Basenpaare, vgl. S. 70f.). Einen möglichen künftigen Einsatzort sieht er überall dort, wo aus Sicherheitsgründen eine „autarke genetische Enklave innerhalb der natürlichen Welt“ (S. 72) eingerichtet werden soll. Die aufgeführten „Spezifikationen“ einer „alternativen DNA“ (als „XNA“ bezeichnet) nähren den Gedanken, „dass Xenobiologie den nächsten Paradigmenwechsel in unserem Verständnis von Natur und Leben auslöst“ (S. 77).

1.2 Kommentar

Der erste Beitrag gibt überwiegend einen detaillierten (allerdings in Folge des reichlich verwendeten Fachjargons für Laien eher mühsam lesbaren) Ein- und Überblick in den erreichten Stand des vorwiegend erst experimentell einsetzbaren Wissens und Könnens; er skizziert eine stattliche Zahl von Problemen, deren Lösung ansteht (z. B. Senkung des Aufwands für Standardarbeiten, Standardisierung und Wiederverwendbarkeit biologischer „Bauteile“, ein international verfügbares, zentrales biologisches Bauteileregister). Die Autoren thematisieren also primär Fragen des Forschungs-Instrumentariums; sie befassen sich weniger mit anvisierten künftigen Nutzungsfeldern (z. B. neue Pharmazeutika, Produktion vorteilhafterer ‚Bio-Treibstoffe‘).

Für Leser, die nicht fachlich eingearbeitet sind, wäre ein differenzierter Überblick über die inzwischen erreichte Bandbreite der Forschungswege hilfreich gewesen; dieses Manko wird nur teilweise durch die zwei anderen Autoren ausgeglichen, deren Ertrag erst besser eingeordnet werden kann, wenn er in einem Gesamtrahmen gesehen wird. Zumindest in umrisshafter Kurzform sei deshalb hier zunächst in einem systematischer aufgebauten Schema das vielgestaltige Spektrum dessen skizziert, was heute unter der Sammelbezeichnung ‚SB‘ zusammengefasst wird¹²:

¹¹ Der Artikel von M. SCHMIDT findet sich zwar im Sammelband erst in der nachfolgenden Sektion; inhaltlich ist er jedoch an dieser Stelle zutreffender platziert, weshalb er vom Rez. schon hier behandelt wird.

¹² Hier folge ich dem Schema von A. DEPLAZES-ZEMP: *Leben* (2011), S. 97f.

a) *Bioengineering*: Die beschriebene Arbeit mit orthogonal konstruierten Systemen kann hier angeführt werden. Die entsprechende Forschung findet derzeit im Labor statt und befasst sich oft mit einzelnen, relativ konkreten Fragestellungen (z. B. wie Organismen mit neuen Stoffwechselwegen zur Erzeugung nützlicher Produkte ausgestattet werden können).

b) Der sog. „*In-Silico*“-Ansatz („mit dem Computer durchgeführt“) bezieht sich auf die mittels Computersimulationen hergestellten, eher allgemeinen Entwürfe und Modelle von neuen Fähigkeiten und Regulationsmechanismen für künftige ‚synthetische‘ Organismen.

c) Der „*Synthetic Genomics*“-Ansatz (regelmäßig mit dem *top-down* bzw. *in vivo*-Verfahren verknüpft) dürfte im Zusammenhang mit dem medial spektakulär aufbereiteten Laborerfolg des J. Craig Venter-Forschungsteams (Mai 2010)¹³ der Öffentlichkeit am ehesten vertraut sein.

Dieser Forschungspfad folgt einer Doppelstrategie. Zum einen werden chemisch synthetisierte Genome hergestellt, die dann – zum andern – in eine auf den lebensnotwendigen genetischen Minimalbestand reduzierte Wirtszelle eingesetzt und zur Funktion gebracht werden. Mit dem *top-down*-Verfahren verbindet sich die weiterführende Intention, einen Minimalorganismus, der noch über Stoffwechsel, Vermehrungs- und evolutionäre Veränderungsfähigkeit verfügt (bildhaft auch als „Chassis“ oder „hardware“ bezeichnet), mit solchen künstlichen (synthetisch zusammengestellten) DNA-Komponenten „anzureichern“, sodass schließlich das Gesamtgebilde die intendierten Aufgaben (z. B. Produktion eines medizinisch interessanten Wirkstoffs) erfüllt.¹⁴

d) *Protozell-Ansatz*: Diese Forschungslinie will mit dem *bottom-up*-Verfahren eine *de-novo*-Erzeugung, also ein von Grund auf „*in-vitro*“ hergestelltes, elementares System erzeugen, das grundlegende Eigenschaften lebender Zellen¹⁵ aufweist. Auf diesem Weg soll insbesondere die Grundlagenforschung zur Gewinnung neuer Erkenntnisse über die Entstehung und Grundfunktionen des Lebens vorangebracht werden. Von der Herstellung künstlicher Protozel-

¹³ Es handelte sich um die Herstellung eines künstlichen Bakteriumgenoms, das in einer zuvor auf den lebensnotwendigen genetischen Minimalbestand reduzierten Wirtszelle zur Funktion gebracht werden konnte. Vgl. H. J. MÜNK: Was ist neu (2011), S. 104f. Hier finden sich auch weitere Details zu diesem Ansatz.

¹⁴ Vgl. M. BÖLKER: Revolution (2011), S. 27–35.

¹⁵ Vgl. ebd., S. 34. Protozellen, die auch als eine Art „Zellanalogon“ verstanden werden, sind nicht zu verwechseln mit sog. „Minimalzellen“ (vgl. J. BOLDT et al., S. 23).

len, „die auch nur annähernd an die Komplexität natürlicher Zellen heranreichen“¹⁶, ist man derzeit offenbar aber noch weit entfernt.

e) Die Bezeichnung „*alternativ-natürlicher Ansatz*“ sei hier in Ermangelung einer weniger missverständlichen Alternative für die insbesondere unter dem Stichwort „Xenobiologie“ einzuordnenden Forschungen und (künftigen) Anwendungen vorgeschlagen.¹⁷

Die zwei Verfahrens-Grundformen (*top-down*- und *bottom-up*-Konzept) übergreifen grundsätzlich diese 5 Ansätze und sind deshalb schon – wenn auch in unterschiedlicher Weise – implizit inbegriffen.

Ein solcher „Kartierungsvorschlag“ zeigt, dass SB als Oberbegriff eines breiten Spektrums von Forschungsstrategien zu verstehen ist. Dementsprechend ist die Rede von *der* SB anfällig für Missverständnisse.¹⁸

2. „Risiken und der Umgang mit Risiken“ (S. 51–102)

2.1 Beiträge

Den Focus dieser Sektion bilden Fragen der Risikoabschätzung und -bewertung. Der erste Beitrag, verfasst von G. E. KAEBNICK (Hastings Center, New York), geht allerdings über diese unmittelbare Thematik hinaus und skizziert eine Art Auslegeordnung der involvierten ethischen Fragestellungen mit Bezug auf die politische Entscheidungs- und rechtliche Regelungsebene. Er begnügt sich dementsprechend nicht mit den üblichen Themen einer Technikfolgenabschätzung [Biosafety (unbeabsichtigte Nebenfolgen), Biosecurity

¹⁶ M. BÖLKER: *Revolution*, S. 34. Für die Zukunft ist freilich nicht ausgeschlossen, dass Protozellen auch einmal als Basis für technische Umsetzungen dienen könnten (vgl. J. BOLDT et al., S. 23).

¹⁷ Der von A. DEPLAZES-ZEMP gewählte Ausdruck „Unnatürliche Molekularbiologie“ (ebd., S. 98) erscheint als apriori abwertend, so dass einer Beurteilung bereits vorgegriffen wird. Erwägenswert wäre vielleicht die Wendung „paranaturaler Ansatz“, wobei das Präfix ‚para‘ im Sinne von ‚neben‘ zu verstehen ist. Die neutral als ‚Nebennatur‘ verstandenen Produkte einer angewandten Xenobiologie dürften problemlos zur Pointe orthogonaler Systeme passen, d. h. natürliche genetische Systeme funktionieren *neben* solchen, die auf einem nicht in der herkömmlichen Natur vorkommenden genetischen Code basieren. Der Begriff ‚Gegennatur‘ würde hingegen nicht zum Sinn der Orthogonalität passen, weil die genetisch alternativ verfassten Systeme konzeptkonform nicht gegen die natürlich strukturierten gerichtet sind.

¹⁸ Von einem „Konglomerat an Forschungsansätzen“, das durch eine gewisse „Familienähnlichkeit“ zusammengehalten werde, sprechen P. DABROCK, M. BÖLKER, M. BRAUN UND J. RIED: Einleitung (2011), S. 13. Wie man einen Artikel über *die* SB ohne jede Differenzierung dieser Art schreiben kann, ist mir unverständlich (so aber S. HERRESTHAL: *SB. Eine Wissenschaft der Lebensherstellung*, 2012); umso einfacher scheint es dann zu sein, mit einigen vollmundigen Behauptungen über die Forschungsaussichten der SB aufzuwarten.

(intendierte missbräuchliche Anwendung), ökonomische und soziale Folgen]; in dieser Hinsicht sieht er derzeit auch keinen Grund zu einem besonders restriktiven Umgang mit Projekten der SB. Er verneint ebenso klar die Berechtigung der Forderung nach einer eigenen „Synthetischen Bioethik“. Demgegenüber betont KAEBNICK die Notwendigkeit, *alle* involvierten ethischen Bezugs-Ebenen zu berücksichtigen. Bereits bei der Frage, *was* überhaupt als Nutzen oder Schaden zu definieren ist, spielen ethische Wertungsaspekte eine unerlässliche, wenn auch nicht selten eher latente Rolle. KAEBICK wendet sich gegen eine rein konsequentialistisch verfahrenende moralische Urteilsbildung und verweist auf eine Reihe grundsätzlicher moralischer und/oder metaphysischer Überzeugungen (z. B. verschiedene Naturverständnisse), die „hinter“ der konkreten Wahrnehmung der Technikentwicklung stehen und diese positiv oder negativ einfärben. Die Bezeichnung „intrinsische moralische Bewertungskriterien“ (S. 58ff.) ist allerdings nicht besonders treffend. Im Ergebnis sieht er jedoch keinen wirklich überzeugenden Einwand, der einen restriktiveren politisch-rechtlichen Umgang mit den derzeit bekannten Forschungsprojekten der SB rechtfertigen könnte.

Der Karlsruher Technikphilosoph und Experte für Technikfolgenabschätzung A. GRUNWALD entwirft einen Grundriss der verschiedenen Arten, Ebenen und Akteure der Verantwortungszuschreibung und -übernahme im Hinblick auf die Frühphase einer neuen Technologie, deren Risikopotential auf dem Hintergrund des Vorsorgeprinzips zwar Anlass zu einem „Unsicherheitsmanagement“ gibt, bei der sich indes aber auch bedeutende Nutzen- bzw. Problemlösungsaspekte abzeichnen (oder doch wenigstens mittels bewährter Anhaltspunkte vermuten lassen). GRUNWALD strukturiert die Verantwortungsdebatte im Kontext demokratischer Verhältnisse dreifach (epistemisch, ethisch und politisch) und schlägt ein arbeitsteiliges Verantwortungsmodell vor, in dem wissenschaftlichen Experten zwar eine unverzichtbare, basale Rolle zukommt, in dem aber auch die anderen „Stakeholder“ (bis hinauf zur internationalen Ebene) gefordert sind.

2.2 Kommentar

Die auf den Risikobegriff fokussierte Abschnittüberschrift könnte vorab den Eindruck einer verkürzten Wahrnehmung der ethischen Fragestellungen im Zusammenhang mit der SB erwecken, verbinden sich damit doch in hohem Maß jene Sicherheitsaspekte, die u. U. einer politisch-rechtlichen Regelung bedürfen. Der Beitrag KAEBNICKS wirkt jedoch überzeugend einer solch ver-

engten Sicht entgegen, indem er den Blick öffnet für eine Tiefendimension der Technikwahrnehmung und -beurteilung.¹⁹ Damit sind ganz fundamentale Dimensionen gemeint, die sich eher als Komponenten von Weltbildern (z. B. Naturverständnis, Grenzen menschlicher Interventionsberechtigung in Lebewesen u. Ä.) beschreiben lassen. Zutreffender wird an anderer Stelle von „weitreichenden metaphysischen Theorien“ (S. 59)²⁰ gesprochen, mit denen bei Auseinandersetzung über ethische Fragen der SB zu rechnen ist. Eine solche Tragweite wird z. B. im Vorwurf des „Gott Spielens“ greifbar, der in der nächsten Sektion noch eigens thematisiert wird. Die ethische Beurteilung von Risiko- bzw. Sicherheitsfragen ist indes einer konkreteren Ebene zuzuordnen, für die eine verantwortungsethische Argumentation im Blick auf Handlungsfolgen typisch ist. KAEBNICKS Votum konvergiert hier im Ergebnis mit einer Studie der DFG (im Verbund mit 2 Wissenschaftsakademien), in der beim derzeitigen Forschungsstand „keine zusätzlichen Anforderungen [an die biologische Sicherheit in Laboratorien oder bei Freisetzungen (biosafety)]“²¹ im Vergleich zur Gentechnik gefordert werden. Aus diesem Grund sei derzeit „eine gesetzliche Regelung speziell für die SB ... nicht erforderlich“²². Allerdings wird – wie auch im Artikel A. GRUNWALDS (S. 97) – auf das Vorsorgeprinzip verwiesen.²³

Inwieweit die geltenden rechtlichen Regelungen ggf. Interpretationsspielräume für weitergehende Herausforderungen ermöglichen könnten, muss hier mangels spezialisierter juristischer Kenntnisse dahingestellt bleiben. Hinterfragt sei allerdings die grundsätzliche Einschätzung des Neuen, die sich aus einer so deutlichen Bezugnahme auf die „klassische“ Gentechnik folgern lässt. Zunächst erreicht das enorm gesteigerte Potential technischer Verfahrensweisen (z. B. Sequenzierungskapazitäten, Zusammenfügung von „Biobricks“) heute eine derartige Leistungsfähigkeit, dass sich der Eindruck von einer nicht nur quantitativen, sondern auch einer qualitativen Größenordnung nahelegt.²⁴ Gerade der durch Modularisierung und Standardisierung geförderte Fortschritt beim Zusammenbau verschiedener DNA-Funktionseinheiten „bringt ein neues Maß an Gestaltungsmöglichkeiten mit sich“²⁵. Die als „Herzstück der SB“

¹⁹ Vgl. dazu auch H. J. MÜNK: Angst (1990).

²⁰ Vgl. die Ausführungen zum Artikel von P. DABROCK in Abschnitt 4 sowie Abschnitt 5.

²¹ DFG et al.: SB (2009), S. 32.

²² Ebd., S. 32.

²³ Vgl. ebd.

²⁴ Vgl. T. EICHINGER: Biodesign (2011), S. 79–83; M. BÖLKER: Revolution, S. 30f.; H. J. MÜNK: Stellt uns die SB vor neue Fragen? (2011), S. 110.

²⁵ T. EICHINGER: Biodesign, S. 82.

oder auch als „absolute SB“ bewerteten bottom-up-Strategien sprechen für einen Paradigmenwechsel im Vergleich zur herkömmlichen Gentechnik.²⁶ Es ist gewiss ein Pluspunkt, wenn diese neu eröffneten Möglichkeiten auch für verbesserte Sicherheitsvorkehrungen (z. B. in orthogonalen Zusammenhängen) genutzt werden können; allerdings sind auch gegenläufige Vorkommnisse nicht a priori auszuschließen, zumal wenn der Wunsch eines international renommierten Protagonisten Realität werden sollte, der die Zusammensetzung von Bio-Bausteinen passend zum Lego-Vergleich bzw. zur Do-It-Yourself-Maxime, „praktisch zum Kinderspiel“²⁷ werden lassen möchte. Die offenbar bei manchen Experten beliebte Hervorhebung einer spielerischen Note im Umgang mit SB sollte nicht vergessen lassen, dass auch spielerische Aktivität noch keine Sicherheit garantiert.²⁸

In die Richtung eines Paradigmenwechsels weisen ferner auch bestimmte Zielvorstellungen aus dem Objektbereich der SB. Schon die gängige Rede-weise von „living machines“, „artificial cells“ und ähnlichen Neubildungen verrät, dass an bislang nicht (zumindest so nicht) bekannte Hybridbildungen gedacht ist. Bereits bei Anwendung von top-down-Verfahrensweisen kann ein Interventions-Ausmaß erreicht werden, in dem durch das Einfügen neuer Elemente ein sehr weitgehend, ja grundlegend veränderter Organismus²⁹ entstehen kann. Noch weniger lassen sich die Resultate herkömmlicher Gentechnik mit den auf dem bottom-up-Weg hergestellten synthetischen Systemen vergleichen. Die Neuartigkeit der Produktionsart und der Erzeugnisse dürfte sich grundsätzlich auch in der Unvorhersehbarkeit des Risikopotentials auswirken. Für den Umgang mit ganz neuartigen biologischen Systemen – und eben nicht nur mit natürlichen Organismen, die auf genetischer Ebene modifiziert wurden – liegen ja keine Erfahrungswerte vor, wie sie bei herkömmlicher Gentechnik immerhin noch durch die Nähe zu natürlich existierenden Referenz-Organismen ermittelbar sein mögen.

In Bezug auf die Unvergleichbarkeit von synthetischen Neukonstruktionen wird sogar erwogen, dass die hybride Beschaffenheit eines zwischen organi-

²⁶ Ebd., S. 83.

²⁷ So DREW ENDY (Prof. des Department of Bioengineering an der Stanford-Universität/Palo Alto); zit. nach M. BÖLKER: *Revolution*, S. 36.

²⁸ M. BÖLKER spricht von do-it-yourself-Anwendungen ohne viele Spezialkenntnisse. Letzteres soll hier jedoch explizit nicht den beim Verweis auf das spielerische Moment gerne zitierten NachwuchswissenschaftlerInnen der iGEM-Wettbewerbe (international *Genetically Engineered Machine*; vom Massachusetts Institute of Technology: MIT organisiert) unterstellt werden (vgl. M. BÖLKER: *Revolution*, S. 36f.).

²⁹ Vgl. T. EICHINGER: *Biodesign*, S. 84ff.

schen und maschinenartigen Charakteristika oszillierenden synthetischen Produkts („living machines“) sich ontologisch nicht mehr sinnvoll in die duale Klassifikation ‚Lebendig/Nicht-lebendig‘ einordnen lassen könnte.³⁰ Dieser Gesichtspunkt setzt allerdings bereits ein kulturell geklärtes Verständnis von Leben voraus. Darauf ist im nächsten Abschnitt zurückzukommen.

Welche in den bisherigen Lebens- und Produktionsverhältnissen unbekanntes Implikationen überdies zum Thema werden könnten, verdeutlichen Forschungsszenarien zur Gewinnung von synthetisch erzeugten Nahrungsmitteln (sog. *tissue engineering*, z. B. zur Herstellung von „in-vitro-meat“). Falls sich auf diesem Gebiet angemessene Erfolge einstellen, wäre wohl mit der Zeit mit sehr weitreichenden sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Konsequenzen zu rechnen. So könnte sich die bekannte Nutztierhaltung zur Fleischgewinnung grundsätzlich einmal als teilweise oder ganz substituierbar herausstellen.³¹ Zumindest in tier- und ökoethischer Hinsicht ist freilich auch nicht a priori auszuschließen, dass sich einer solchen Perspektive positive Gesichtspunkte abgewinnen ließen. Unser Tagungsband erwähnt letztere Problematik nicht explizit; aber an einigen für Laien wohl vorerst noch an das Genre der science-fiction-Literatur erinnernden Stellen (z. B. zur „Xenobiologie“) werden durchaus Szenarien angerissen, die zur Frage Anlass geben, ob sie und (wenn ja) wie sie in herkömmliche, kulturell geprägte Vorstellungshorizonte integrierbar sein könnten. Und diese Fragestellung dürfte ein starkes Indiz für die Neuartigkeit des Potentials der SB sein.

Mit diesen über die hier unmittelbar zugrunde liegenden Beiträge etwas hinausgehenden Erwägungen sollte nicht das Genügen bisher bewährter Regelungen für einen Status quo, bei dem ja primär noch auf absehbare Zeit bislang bewährte Sicherheitsvorkehrungen im Laborbereich gefragt sind, als erledigt hingestellt werden. Die Pointe liegt m. E. in der Frage nach der angemessenen Strukturierung, Ausstattung und Durchsetzung der zu fordernden kontinuierlichen Monitoring-Prozesse, die grundsätzlich und eher abstrakt zwar von fast allen Seiten bejaht werden³², zu deren näheren Ausgestaltung allerdings noch wenig zu erfahren ist. Die mit der SB verbundenen Verantwortungsdimensionen und damit der verbindliche ethisch-normative Rahmen werden von GRUNWALD umfassend herausgearbeitet. Das gilt gerade auch im

³⁰ Vgl. ebd., S. 87.

³¹ Vgl. ebd., S. 89ff.

³² Vgl. z. B. DFG et al.: SB, S. 38. Technikfolgenabschätzung verstehe ich nicht als reine Reparaturmaßnahme, sondern in einer differenzierten, weiten Sicht; vgl. dazu A. GRUNWALD: Technikfolgenabschätzung.

Hinblick auf die involvierten Forschungsteams. Qualifizierte Monitoring-Prozesse tangieren jedoch – vom Zuschnitt der Aufgabenstellung und dem Gegenstandsbereich her gesehen – wesentliche Belange des politischen Gemeinwohls und damit des staatlichen Handelns. Unter sozialetischen Vorzeichen ist auf dieser Ebene auch für Fortschreibungen der Rahmenbedingungen für eine human-, sozial- und umweltverträgliche wissenschaftlich-technische Entwicklung Sorge zu tragen.

3. „Zum Lebensbegriff“ (S. 105–152)

3.1 *Die Beiträge*

Den Auftakt macht in dieser Sektion der Basler Philosoph A. BRENNER, dessen zentrale Fragestellung dem ontologischen Status der mittels SB hergestellten Wesen oder Produkte gilt. Entscheidende Elemente seines Gedankengangs entnimmt er der sog. Biosemiotik, die bei lebenden Systemen nicht nur von Informationsgenerierung und -verarbeitung spricht, sondern diese Phänomene auch durch Begriffe wie Bedeutung und Sinn, Lesen von Zeichen und Codes, Wahl und Entscheidung näher auslegt. Jedem Lebendigen [„selbst bei Organismen niedrigster Organisationsstufe“ (S. 114)] komme ein Selbst zu; Lebendiges sei durch Selbstständigkeit ausgezeichnet und deshalb imstande, „dass es wählt und entscheidet“ (S. 115). Lebendes verhalte sich sinnvoll zu seiner Umwelt, auf die es sinnstiftend antworte und die es sinnvoll gestalte. Diese „Kompetenzen“ seien, wie BRENNER unter Inanspruchnahme der Autopoiesistheorie (Maturana/Varela) betont, bei genuinem Leben „eigengewirkt“, bei Produkten der SB hingegen „fremdgewirkt (heteropoietisch)“ (S. 118). Deshalb hält BRENNER die Bezeichnung ‚SB‘ schlicht für „irreführend“ (ebd.)

J. BOLDT (stellvertretender Direktor des veranstaltenden Instituts) thematisiert nah verwandte Perspektiven. Er unterstreicht die Berechtigung verschiedener Zugangsweisen und Verstehensformen der SB als eines neuen Zweiges der technikorientierten Wissenschaftsentwicklung einerseits und einer hermeneutisch-philosophischen Betrachtung andererseits. Die verschiedenen Ansätze der SB verdanken sich nach BOLDT einer „Perspektive der Herstellung“ (S. 180); entscheidend ist der Zusammenbau von Genmodulen („Bio-Bricks“); die Genese dieser neuen Lebewesen und diese selbst folgen – parallel zur Synthetischen Chemie – einem Erklärungsmodell der unbelebten Natur; auch Lebendiges gerate hier unter das Paradigma der Maschine. Wo es zu einem Verständnis von Organismen als biochemischen Maschinen komme,

dort würden auch bislang tragende Grundüberzeugungen unseres Kulturkreises von den Charakteristika des Lebens [Identität, Selbststeuerung, Abgrenzungsfähigkeit, Innenperspektive (zumindest bei „höheren“ Organismen), Freiheit und Spontaneität)] ausgehöhlt. Eine solche Reduktion hätte Folgen für den hermeneutischen und – damit eng verbunden – auch den ethischen Blick. Streng determinierte Prozesse, Funktionen und Strukturen lassen den Gedanken eines inhärenten Wertes erodieren. Eine solche Schwächung werde aber zum ethischen Problem „spätestens dann, wenn die Anwendungsfelder der SB den Bereich einzelliger Organismen verlassen“ (S. 190).

H. W. INGENSIEP, Philosoph an der Universität Duisburg-Essen, spielt wohl auf dieses Verlassen der Mikrowelt an, wenn er feststellt, dass wir bei der Entwicklung der SB „an der Schwelle zur Sichtbarwerdung der neuen Objekte und Objektfelder (stehen)“ (S. 125). Nach INGENSIEP stellt sich hier auch die Frage nach dem Selbstverständnis des Menschen. Die betroffene Forschergruppe apostrophiert er als „neue Priester der Evolution“ (S. 130), die „die natürliche Selektion nicht nur durch die künstliche Selektion, sondern auch durch eine künstliche Konstruktion ablösen wollen“ (S. 131).

Der Leiter des Ethikzentrums der Universität Jena, N. KNOEPFLER, und seine Mitarbeiterin K. BÖRNER stellen ihren Beitrag unter den Titel „Die Würde der Kreatur und die SB“ (S. 137–153). Als grundlegende normative Referenzgröße knüpfen sie am Prinzip Menschenwürde im Sinne der UNO-Charta (1945) und der Menschenrechts-Deklaration (1948) an. Die „Würde der Kreatur“, ein Rechtsgrundsatz aus der schweizerischen Bundesverfassung (in der Form von 1999), kommt nach ihrer Darstellung den nicht-menschlichen Lebewesen zu – allerdings nur in einem „moralisch deutlich weniger ‚anspruchsvollen‘ Sinn“ (S. 143). Mit dieser letzteren Version entspreche man der „Achtung vor allem Lebendigen“ als menschlicher Grunderfahrung, womit „die Selbstzwecklichkeit der Lebewesen berücksichtigt (wird)“ (S. 142). Im außerhumanen Bereich wird eine „Zunahme der Würdebedeutung“ von einfachsten Lebensformen bis hin zur Tierebene postuliert. In Bezug auf „synthetisch“ hergestellte Lebensformen plädieren KNOEPFLER und BÖRNER für die Zuerkennung dieser Würde nach Maßgabe vergleichbarer natürlich entstandener Lebensformen. Zugleich wollen sie „argumentationspragmatisch“ den bei der ethischen Bewertung gentechnischer Handlungsfelder erreichten Beurteilungsstand grundsätzlich auch auf die SB übertragen wissen. Wie sie sich das konkreter vorstellen, sollen einige anschließende Fallstudien zeigen.

3.2 Kommentar

Die Lebensthematik markiert zweifellos einen fundamentalen Kreuzungs- und Angelpunkt der philosophischen (ontologischen, anthropologischen und ethischen) Grunddimensionen der SB. Sie ist zugleich zwar nicht die einzige, aber wohl schwierigste *crux* der Argumentation. Die notorische Vieldeutigkeit spiegelt sich in der Feststellung, dass man „in der Geschichte des abendländischen Denkens (vergeblich) nach einer allgemein verbindlichen Definition des Lebens (sucht)“.³³

Auch eine theologische Ethik kann auf dieser Ebene der Gedankenführung diese allgemein bestehende Ausgangslage nicht einfach überspringen, wenn sie sich qualifiziert am Diskurs der Wissenschaftswelt beteiligen will. Dieser Diskurs wiederum kann sich nicht von der Sachlage in den Disziplinen der Biologie als der Wissenschaft vom Leben dispensieren. Damit ist der Rekurs auf die in biologischen Kontexten regelmäßig – wenn auch nicht unbedingt gleichlautend – aufgeführten empirischen Kriterien³⁴ unausweichlich, er ist allerdings notorisch anfällig für ein zirkuläres Vorgehen, denn „der Lebensbegriff kann nicht dadurch genauer bestimmt werden, dass man ... möglichst viele empirische Daten sammelt, denn man muss ja erst einmal wissen, welche Entitäten überhaupt als lebende Organismen zählen sollen, um danach ihre wesentlichen und unwesentlichen Eigenschaften festzustellen“³⁵.

³³ S. KUSMIERZ: *Leben* (2011), S. 1383. Die *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie* hält eine naturwissenschaftliche Definition des Lebens, „die auf so unterschiedliche Phänomene wie Bakterien und Menschen zutreffen müsste“, für „wenig zweckmäßig“ (G. WOLTERS/J. MITTELSTRASS: *Leben* (2010), S. 474). Sie will sich mit einer (allerdings als „unerlässlich“ betrachteten „Explikation“ begnügen, „die notwendige Bedingungen für die Verwendung des Wortes ‚Leben‘ festlegt“ (ebd.). Auf diese Weise entgeht man aber nicht der Problematik der Zirkularität.

³⁴ In diesem Sinn gibt die in Anm. 33 zitierte Enzyklopädie „drei notwendige Explikationsmerkmale“ für „lebende Systeme“ an: (a) „*Metabolismus* als Stoffwechsel mit der Umgebung (...)“; (b) „die Fähigkeit zur *Selbstreproduktion*“ und – damit verbunden – (c) „*Mutagenität* als Vorbedingung evolutionärer Entwicklung“ (G. WOLTERS/J. MITTELSTRASS: *Leben*, S. 474). „Auf anderen Ebenen biologischer Systeme werden zusätzliche Gesichtspunkte bedeutsam (wie z. B. Bewegung, Wachstum, funktionelle Organisation, Umweltbezogenheit), die vor allem beim Menschen teilweise normativen Charakter haben“ (ebd.). Mit welcher Begründung hier auf die normative Ebene gewechselt wird, bleibt allerdings offen. „Im ‚Lexikon der Biologie‘ werden die „minimalen Eigenschaften lebender Systeme“ etwas anders aufgeführt und eingeteilt. (vgl. G. OSCHER/M. MAHNER: *Leben* (2002), S. 343–347). Eine interdisziplinär anschlussfähige philosophische Auseinandersetzung muss diese Situation zur Kenntnis nehmen, ist aber für die Lösung empirischer Probleme nicht zuständig. Eine beeindruckende Zusammenfassung der divergenten biologischen Theorien bietet – im Kontext eines theologischen Grundsatzartikels – J. HÜBNER: *Leben* (1990), S. 536–539.

³⁵ B. GRÄFRATH: *Leben II* (2011), 1395.

Die verschiedenen Ansätze und Verfahrensweisen der SB setzen erkennbar unterschiedlich an dieser empirischen Ausstattung an (z. B. am Stoffwechsel als Zielbereich beim Bioengineering). Die natürlichen Eigenschaften werden gleichsam werkzeugartig genutzt. Dies ist der Grund, warum das Lebensverständnis der SB auch schon mit der Wendung „Leben als Werkzeugkasten“³⁶ apostrophiert wurde. Erst recht gerät man in Komplikationen, wenn man darüber hinaus noch die kontroversen Abgrenzungsfragen zur Thematik des sog. „künstlichen Lebens“ einbeziehen wollte.³⁷ In diesem Umgang mit Lebewesen werden Tendenzen greifbar, ähnlich wie bei der Konstruktion von Maschinen vorzugehen und damit die Grenzen zwischen Lebewesen und Maschinen zu relativieren, wenn nicht zu verwischen.³⁸ Eine verwandte Diskussion, nämlich die „Grenzdebatte“ zwischen natürlichem und „künstlichem“ Leben, regt jedoch m. E. eher dazu an, eine „fatale Alternative“³⁹ zu vermeiden, welche die Produkte der SB entweder nur vom Standpunkt „reiner“ Natürlichkeit oder – andererseits – unter dem Gesichtspunkt einer durchgehend technischen Beschaffenheit bewerten will. Dass der Mensch als ein auf Technik angewiesenes Wesen seine Fähigkeiten produktiv einsetzen soll, kann ja nicht Gegenstand der Kontroverse sein. Wenn hier ein ‚Entweder – Oder‘- Denken aufgebrochen werden soll, dann muss sich das schon in der Bearbeitung der Begrifflichkeit niederschlagen, die primär – wie auch die anderen in dieser Sektion behandelten Dimensionen – in die Zuständigkeit der Philosophie gehört.

Welchen Beitrag leisten nun die unter 3.2 skizzierten philosophischen Artikel?

In BRENNERS Artikel wird nicht genügend klar, welcher Realgehalt jeweils bestimmten metaphorischen bzw. anthropomorphen Redeweisen zukommt. Zum Beispiel kann der Begriff ‚Selbst‘ in verschiedenen Kombinationen nicht im gleichen Sinn auf die verschiedenen Ebenen des Lebendigen zutreffen (z. B. Mikroben- und Menschenwelt). Hier scheint mir doch (u. a. als Lehre aus dem heftigen innerbotanischen Streit um die sog. Pflanzenneurobiologie) eine Differenzierung unter Berücksichtigung anderer wichtiger Positionen im empirischen Forschungsfeld aus Gründen interdisziplinärer Ausgewogenheit angezeigt.⁴⁰

³⁶ A. DEPLAZES-ZEMP: *Leben*, S. 111.

³⁷ Vgl. B. GRÄFRATH: *Leben II*, 1398.

³⁸ Vgl. A. DEPLAZES-ZEMP: *Leben*, S. 109.

³⁹ U. BEUTTLER: *Strukturelemente* (2011), S. 301.

⁴⁰ Vgl. A. ALPI: *Plant neurobiology* (2002), S. 135f.

Sodann stellt sich die Frage, ob die für Lebewesen bzw. für Lebendiges generell reklamierten Merkmale auch schon als Begründung der moralischen Berücksichtigung fungieren sollen. In diesem Fall bleibt die ethische Kernfrage, warum eine solche Ausstattung moralisch wiegt, unbeantwortet.

Schließlich wäre der Hinweis auf das „Fremdgewirksein“ der Erzeugnisse von SB im Zusammenhang mit der Feststellung einer „Irreführung“ zu hinterfragen. Die Art und Weise der Herstellung bzw. des Entstehens kann jedenfalls für die moralische Bewertung nicht allentscheidend sein. Falls es einmal gelingen sollte, Labormäuse auf diesem Weg zu erzeugen, dürfte bestimmten Charakteristika, z. B. der Empfindungsfähigkeit (und daran anknüpfend der Frage der Übertragbarkeit von Tierschutznormen) ein größeres Gewicht zukommen.

Der Analyse BOLDTS und den daran anschließenden Bedenken ist m. E. ein *fundamentum in re* nicht abzuspüren. Interessant wäre aber auch eine Reflexion, die weniger von der Konstellation zweier sich so ausschließender Sphären ausgeht und auch die Möglichkeiten einer integralen Zusammenschau auslotet. Auch der Tenor des Beitrags INGENSIEPS klingt ähnlich.⁴¹

Eine Reihe von Anfragen stellen sich zum Beitrag von KNOEPFFLER und BÖRNER: Zunächst wird der äquivoke Gebrauch des Begriffs Würde eher vage angedeutet als wirklich geklärt. Die Frage ist ja, ob die Würde nicht-menschlicher Wesen nach Analogie der Menschenwürde oder letztlich als grundsätzlich neuer Begriff verstanden wird. Die Verfasser betonen in einem hierarchisch-biozentrischen Kontext die Selbstzwecklichkeit außerhumaner Lebensformen als *ontologische* Aussage; wie es mit der *moralischen* Relevanz steht, bleibt aber vage. Im Übrigen schimmert immer wieder die vertraute Struktur der traditionellen *scala naturae* so ungetrübt durch, dass man sich fragt, ob denn wirklich das „schwere Geschütz“ des Würdebegriffs für die ganze riesige Bandbreite von den Mikroben bis zu den Primaten aufgeföhren werden muss. Dabei bleibt zudem noch dahingestellt, wie sinnvoll eine Graduierung („Zunahme“) im ethischen Würdeverständnis sein kann.⁴²

⁴¹ Ob die Betonung des Chimärischen für die SB so aussagekräftig ist, wie die Artikelüberschrift nahelegt, mag dahingestellt bleiben. Zur Chimärenbildung musste man gewiss nicht auf die SB warten. Etwas unklar ist der forschungsgeschichtliche Hinweis bei I. auf S. 121; gemeint ist wohl die erstmalige Beschreibung des Modells der Doppelhelixstruktur der DNA durch Crick und Watson 1953 (!?).

⁴² Eine auf die „Heiligkeit des Lebens“ gemünzte Bemerkung ließe sich auch auf den Umgang mit dem Würdebegriff übertragen: „Wo alles heilig ist, ist nichts mehr heilig“ (U. BEUTTLER: Strukturelemente, S. 302).

Schließlich: Wenn schon im Zusammenhang der SB auf H. BERGSONS *élan vital* rekurriert wird (S. 146), dann wäre doch ein Wort zur prominent vertretenen These fällig, dass die SB das definitive „Aus“ für eine Lebensphilosophie dieser Art nach sich ziehen werde.⁴³

4. Natur und Technik, Selbstverständnis des Menschen (S. 155–230)⁴⁴

4.1 Beiträge

Eine eingehende Analyse und Reflexion des ingenieurwissenschaftlichen Charakters der SB unter steter Bezugnahme auf „widerständige“ (möglicherweise nicht gänzlich aufhebbare) natürliche Rahmenbedingungen bietet der Beitrag des Kasseler Philosophen K. KÖCHY (S. 155–175). KÖCHY versteht es, den derzeit aus der Fachliteratur eruierbaren (und keineswegs auf einen einfachen Einheitsnenner zu bringenden) Stand der verschiedenen Ansätze und Nuancen der SB in eine historisch und systematisch weitgespannte Skizze von Natur- und Technikverständnissen (von ARISTOTELES bis H. JONAS und heutigen Protagonisten) einzuzichnen. Die Gedankenführung besticht durch eine gelungene Kombination von hohem Abstraktionsgrad einerseits und Detailgenauigkeit andererseits. Als gemeinsame Charakteristik der verschiedenen Varianten arbeitet er die enge Verzahnung von Systembiologie und SB heraus (vgl. S. 164f.). Unter Auswertung von international als hochrangig eingestuft Studien [darunter der 2005 veröffentlichte Report *Synthetic Biology* der Expertengruppe *New and Emerging Science and Technologies* (NEST) der EU-Kommission] gelingt es KÖCHY, eine bislang wenig beleuchtete Problematik herauszuarbeiten; gemeint ist die strukturelle Spannung zwischen dem Anspruch, neue, von der Natur u. U. stark divergierende biologische Systeme herzustellen, einerseits und der Einschränkung, den „Rahmen der Systembedingungen biologischer Komplexität“ (S. 165) berücksichtigen zu müssen, andererseits. Einer simplen Orientierung an einer schlichten Baukasten-Vorstellung ist damit eine Absage erteilt. Im Ergebnis ist auf den involvierten Komplexitätsstufen mit den Unwägbarkeiten eines natürlichen Selbstorganisationsgeschehens zu rechnen. Hier zeichnet sich nach KÖCHY eine gewisse Grenze der Machbarkeit ab, so dass in der SB „mit der evolutiven und

⁴³ Vgl. *Nature* 465 (27.05.2010) 7297, S. 423f.

⁴⁴ Der Beitrag von J. BOLDT (vgl. S. 177–191) wurde wegen starker thematischer Überschneidungen mit dem Schwerpunkt von Abschnitt 3 schon berücksichtigt.

selbstorganisierenden Qualität biologischer Einheiten eine besondere Vorgabe“ (S. 173) verbunden bleibt.

Der einzige theologische Beitrag, verfasst von dem (ev.) Systematiker P. DABROCK (Universität Erlangen-Nürnberg), setzt sich gründlich mit dem vielfach geäußerten Vorwurf des „Gott Spielens“ („God playing“) auseinander. DABROCK spricht von einer konfliktgeladenen „Kampfformel“ (S. 197), die ein kulturelles Unbehagen und die Besorgnis ausdrücke, dass die „fundamentale Grenze von ‚Leben/Nicht-Leben‘ aufgeweicht werden (könnte) ... Man will Leben aus unbelebter Materie nachbauen“ (S. 198). DABROCK sieht in der „frei flottierenden Vernutzung des religiösen Traditionsstücks“ (S. 200) eine spezifische Herausforderung der christlichen Theologie; sie hat die Stichhaltigkeit dieser Formel auf dem Hintergrund der tangierten theologischen Begriffe und Themen (Schöpfung, Ebenbildlichkeit, Sünde) zu prüfen. U. a. weist DABROCK nach, dass das im hebräischen Original des meistzitierten biblischen Schöpfungstextes (Gen 1) gebrauchte Verb *bara* eine ausschließlich Gott vorbehaltene Möglichkeit bezeichnet, die dem Menschen absolut unzugänglich bleibt. Unter dem Vorzeichen der biblisch gesicherten Verantwortungsstellung des Menschen in der Schöpfung sieht DABROCK keinen Grund, der SB von vornherein eine „exklusive Verfehlung (des) menschlichen Auftrags“ (S. 208f.) zu attestieren. Dass er damit keinen „Freifahrtschein“ meint, bringen die abschließenden 7 Thesen zum Ausdruck, in denen er u. a. eine soziale und ökologische Verträglichkeitsprüfung von Projekten der SB einfordert.

Mit einer Art säkularen Variante dieser Kampfformel befasst sich der abschließende Beitrag des Mit-Herausgebers O. MÜLLER (S. 217–230), nach dessen Analyse sich SB von herkömmlicher Biotechnologie durch eine dezidiert *ontologische* Zielsetzung unterscheidet: sie will neuartige, aus der „herkömmlichen Natur“ nicht bekannte Lebensformen, sog. ‚living machines‘ schaffen. Damit werde das Selbstverständnis des bisherigen Homo Faber in Richtung der Rolle eines „Homo Creators“ gesteigert. MÜLLER handhabt diese u. a. an G. ANDERS anknüpfende Kategorie („homo creator“) einigermaßen vorsichtig als „Diagnoseinstrument“, das er primär auf das Wechselverhältnis zwischen dem Selbstverständnis des Menschen einerseits und dem Naturverhältnis andererseits bezieht. Verdeutlicht mit vielen literarischen Belegstellen, bestimmt er „die Identifikation des Gekonnten mit dem Gesollten“ (S. 225) als charakteristisch für den Homo Faber, wohingegen beim Homo Creator das Schöpferische zum Selbstzweck werde. Das hinter der technologischen Dynamik stehende menschliche Selbstverständnis habe sich verändert. Der Motor der Entwicklung der SB sei in der „Selbstdeutung als Wesen, das fähig ist, neue

Lebensformen zu schaffen“ (S. 227), zu sehen. Dies aber gehe entschieden über die traditionelle Intention hinaus, „Natur zu beherrschen, um sie zu bestimmten Zwecken optimal nutzen zu können“ (ebd.). Mit knappen Hinweisen auf 4 ethisch relevante Implikationen schliesst MÜLLER: Die Verquickung mit dem Maschinenstatus könnte Lebendiges abwerten (1); transhumanistische Tendenzen könnten sich pervertierend auf das Naturverhältnis auswirken (2); die „mechanistische Ausstrahlung“ der SB wirke sich u. U. „tragisch“ auf die Verantwortung für Lebewesen aus (3); das sog. „Designen“ von Organismen sei nicht mehr vom herkömmlichen ästhetischen Naturbezug gedeckt und könnte sogar „naturphilosophisch-moralische und künstlerische Wertvorstellungen“ beeinflussen (4).

4.2 Kommentar

KÖCHYS Betonung der evolutiven und selbstorganisierenden Qualität natürlicher biologischer Systeme könnte man im Grundsatz auf die alte Erfahrung einer gewissen Widerständigkeit von Natur-Kräften und -Entitäten beziehen, die sich u. a. in der alten Horaz'schen Einsicht spiegelt: *naturam expellas furca, tamen usque recurret* („auch wenn du die Natur gewaltsam austreibst, kehrt sie doch zurück“).

Die Zeit für eine genügend belegbare Antwort darauf, wie die SB eine solche „Klippe“ meistern könnte, ist gegenwärtig wohl noch nicht gekommen. Bei der Beschäftigung mit dem Thema ‚orthogonale Systeme‘ stellte sich der Eindruck ein, dass dieser Ansatz vielleicht auch zur Vermeidung solcher Interferenzen beitragen könnte (!?).

DABROCKS Beitrag bestätigt einmal mehr den Eindruck souveräner Kompetenz.⁴⁵ Seine Ausführungen zur schöpfungstheologisch begründeten Verantwortungsstellung des Menschen ließen sich weiterführen in dem Sinne, dass die gottgewollte Befähigung zur Entwicklung von Technik zu einer doppelten – allerdings nicht gleichrangigen – Deutung des Erschaffens berechtigt: Der Mensch kann als „Schöpfer im Auftrag des Schöpfers“⁴⁶ verstanden werden. Damit bleibt er freilich auf die Dimensionen des Auftrags verpflichtet. Aus dieser Perspektive lässt sich SB nicht a priori und schlechterdings verurteilen. Den geschaffenen Produkten käme grundsätzlich auch ein relationaler Wert aus der Bezogenheit auf den Wert der Zwecksetzung des Menschen zu. Im Rahmen einer solchen theologischen Interpretation wäre die Rede vom

⁴⁵ Schade nur, dass bei der zitierten Literatur auf Seitenangaben verzichtet wurde!

⁴⁶ U. BEUTTLER: Strukturelemente, S. 303.

„homo creator“ im Grundsatz positiver konnotiert als in der Diagnose von O. MÜLLER, der wohl tendenziell in die Richtung jenes „Unbehagens“⁴⁷ weist, zu dem abschließend noch einige Anmerkungen folgen sollen.

5. Schlussbemerkungen

Die vorgestellten Beiträge lassen zwar ein heterogenes Meinungsspektrum erkennen. Ein kategorisches Veto gegen die SB findet sich indes explizit selbst in den kritischsten Artikeln nicht. Auch die – allerdings noch eher spärlichen – öffentlichen Meinungsbildungsprozesse verlaufen bislang weniger spektakulär als in der frühen Phase der Gentechnik-Diskussion.⁴⁸ Es ist zu begrüßen, dass schon zu diesem Zeitpunkt auch eine juristische, ethische und soziale Begleitforschung (sog. ELSI-Forschung: *Ethical, Legal and Social Implications*) eingesetzt hat, wofür auch dieser Band einige Beispiele liefert.

Der frühe Zeitpunkt bedingt freilich auch, dass wir es bei den Nutzenaspekten [von denen manche interessante (z. B. neue Therapieansätze) hier kaum zur Sprache kamen] weitestgehend mit Verheißungen zu tun haben, die übrigens – zumindest latent – durchaus nicht moralisch wertungsfrei sind, beziehen sie sich doch oft auf gesellschaftlich hochgeschätzte Werte (z. B. Gesundheit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Ressourcenversorgung).

Auch für manche weitere kritische Anfragen an die Zukunft der SB war offenbar (fast) kein Platz [z. B. ökonomische Aussichten, Vertiefung des technologischen „Grabens“ zwischen Welthemisphären, sog. Dual-Use-Fragen, „Do-it-yourself“-Problematik, Beeinflussung des Biodiversitätsschutzes; fehlende evolutions- und ökogeschichtliche Erfahrungen mit SB-Produkten, Patentierung]. Mit welcher, eher nüchternen, Laborrealität wir es derzeit wirklich zu tun haben, davon vermittelt am ehesten der erste Beitrag (BILLERBECK / PANKE) einen Eindruck. Bei der bislang erkennbaren Forschungsdynamik sollte man sich indes nicht mit einer „Trostrformel“ von der Art „Wir sind noch meilenweit entfernt von...“ begnügen. Vielmehr sind weitere Fragen zu stellen, die in diesem Werk kaum gestreift wurden.

Auf einer ganz anderen, philosophisch und theologisch denkbar anspruchsvollen Ebene liegt die derzeit noch sehr abstrakt klingende Thematik, die mit dem Ziel mancher Forscher verbunden ist, neue „biologische Systeme“ komplett aus unbelebtem Ausgangsmaterial (sog. „toter“ Materie) herzustellen.

⁴⁷ J. RIED et al.: Unbehagen, insbes. S. 354–361.

⁴⁸ Vgl. J. HAMPEL/O. RENN (Hg.): Gentechnik.

Hier zeichnet sich ein Szenario ab, das die Frage nach dem, was Leben ist, nicht nur epistemisch ungleich schärfer als bislang gewohnt unter ein materialistisch-reduktionistisches Vorzeichen rücken könnte. Tut sich hier ein alternativer Zugang zur Beantwortung der Frage nach dem Ursprung des Lebens auf? Leben ist freilich ein höchst schillernder Begriff, der deskriptive wie normative Aspekte und Konnotationen „transportiert“.

Von manchen Protagonisten wird offenbar erwartet, dass ein technisches Arrangement im Sinne der SB als hochkarätiges Erkenntnisinstrumentarium dienen werde, mit dem man sogar die Lösung bisheriger Lebensrätsel angehen könnte. Auch sonst können mit der SB sehr ehrgeizig formulierte Perspektiven verbunden werden, wenn z. B. einer weiter perfektionierten, als ‚Xenobiologie‘ bezeichneten Form jene „aktuellen Bemühungen“ zugeordnet werden, „das Leben von den evolutionären Beschränkungen zu befreien“ (S. 70).⁴⁹ Auch wenn die Forscher in der SB offensichtlich nicht erfolglos bestrebt sind, Mechanismen der natürlichen Evolution für ihre Zwecke, z. B. für Optimierungsprojekte, einzusetzen, so gilt doch deren Grundverhältnis selbst bei naturwissenschaftlichen Experten als „zwiespältig“⁵⁰. Es wirkt zumindest für naturwissenschaftliche Laien sehr gewöhnungsbedürftig, auch nur vom Wunsch zu lesen, „die Komplikationen und Zwänge der natürlichen Evolution hinter sich zu lassen“⁵¹. Etwas provokant gefragt: Welche Instanz auf Erden wäre dann eigentlich für eine solche „Übernahme der Evolution“ zuständig? Entscheidungen dieser letztlich unabsehbaren Größenordnung übersteigen definitiv die Kompetenzen wissenschaftlicher und technischer Disziplinen. Eine derart weitgehende Frage wäre gewiss nicht mehr einfach auf der Basis und im Rahmen von natur- bzw. ingenieurwissenschaftlichen Theorien und Prinzipien zu beantworten. Sie vermag gerade wegen ihrer die herkömmlichen Kategorien sprengenden Größenordnung besonders zu verdeutlichen, dass vermeintlich rein empirische Projekte nicht unabhängig von naturphilosophischen und moralisch wertenden Prämissen sind. Diese fließen ja dort bereits stillschweigend ein, wo man schlicht voraussetzt, dass wir berechtigt sind, eine Art „synthetische Biowelt“ oder aber – wie im Titel angesprochen – eine Gegennatur zu schaffen. Was die für die Ebene politischer Gemeinwohlsiche-

⁴⁹ In diese Richtung weisen Äußerungen von N. WALZ, der mit der SB die Hoffnung auf eine Überwindung des Leidens in der Natur verbindet; vgl. N. WALZ: Die leidende Natur (2012), S. 251–256.

⁵⁰ So der Marburger Molekulargenetiker M. BÖLKER: Revolution, S. 37.

⁵¹ Ebd., S. 38. Er fügt an dieser Stelle noch hinzu, dass synthetische Biologen die Komplexität der natürlichen Evolution als „ein großes Hindernis bei der Nutzung biologischer Systeme“ betrachten.

rung etablierten Standards zur Beurteilung einer solchen Herausforderung zu leisten vermögen, muss hier als grundsätzliche Anfrage stehen bleiben.

An dieser Stelle nun befinden wir uns schon nahe an einer ebenso abgründigen wie schwer fassbaren Problematik, die im Rahmen eines vom Deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts unter dem Titel „Unbehagen und kulturelles Gedächtnis“ thematisiert wird.⁵² Leitend ist dabei die These, dass solches Unbehagen sich aus einem krisenhaften Erschütterungen durchlaufenden kulturellen Gedächtnis speise, verstanden „als Sammelbecken für alle tradierten Wissensbestände, die als Deutungs- und Orientierungsformen zur Erfassung und Gestaltung von Gegenwart und Zukunft“ oder kurz: als ‚Überlieferung des Sinns‘⁵³ dienen können.“⁵⁴ Auch wenn in unserer Hemisphäre die religionskulturellen Ressourcen des Christentums noch nachwirken und in einem Teil der Bevölkerung auch unmittelbar als sinnstiftende Orientierungskräfte eine Rolle spielen, so existieren sie in einer säkularen, pluralen Gesellschaft doch weithin in einer vom theologischen Kontext „emanzipierten“, ja oftmals als Deutungsbestände für die öffentliche Sinnproduktion geradezu „gesperrten“⁵⁵ Weise. Diese eher „freischwebende“ und mehrdeutige Eigenart macht sich bemerkbar, wenn im Zuge einer fundamental gemeinten Technikkritik aus dem „Reservoir“ des kulturellen Gedächtnisses schlagwortartig zugespitzte Wendungen wie „Gott spielen“ oder „creating life“ hervorgeholt werden. Sie bieten zwar den Vorteil von „allgemein gehaltenen Formulierungen, deren repräsentativer und verdiktiver Gehalt über die Grenzen von religiös/nicht-religiös hinweg verstehbar ist“.⁵⁶ Über eine allenfalls postulatorische bzw. emotional gefärbte Wirkung reichen sie allerdings in unseren westlich-demokratischen Verhältnissen nicht hinaus, denn in ihnen wird „die Bindung an gemeinsame Regeln und Werte ... nicht mehr über religiös geteilte bzw. weltanschauliche Überzeugungen,

⁵² J. RIED et al.: Unbehagen, bes. S. 354–357. Mit „Unbehagen“ wird bewusst an S. Freuds „Unbehagen in der Kultur“ erinnert. Referenzautor für das „kulturelle Gedächtnis“ ist J. ASSMANN: Das kulturelle Gedächtnis (2007).

⁵³ Die in einfache Anführungszeichen gesetzte Formulierung stammt von J. ASSMANN: Das kulturelle Gedächtnis, S. 21.

⁵⁴ J. RIED et al.: Unbehagen, S. 356.

⁵⁵ Diese Beschreibung wird vom Historiker B. LATOUR: Wir sind nie modern gewesen (2008), S. 47, übernommen [vgl. J. RIED et al.: Unbehagen, S. 356]. Die Bezeichnung („gesperrt“) bezieht sich auf ‚Gott‘, insofern er bei den Prozessen der Wirklichkeitserschließung, -deutung und -gestaltung ‚aus dem Spiel‘ bleiben muss, aber zugleich nicht ‚abgeschafft‘ wird, um das kritische Potential zu erhalten und zu integrieren, das die Gottesvorstellung bereithält“ (J. RIED et al.: Unbehagen, S. 356f.).

⁵⁶ J. RIED et al.: Unbehagen, S. 356.

sondern bestenfalls ... durch das Verfassungsrecht hergestellt“.⁵⁷ Im Sinne des modernen Auseinandertretens der Sphären des Rechten und des Guten vermögen plurale, demokratisch-freiheitliche Gesellschaften zwar auf der Grundlage rechtlicher Fundamentalnomen eine politisch ausgehandelte, hinreichend öffentliche Kooperationsordnung zu sichern. Die Vielfalt vorhandener Sinn- und Deutungsbestände – und damit gerade auch religionskulturelle Ressourcen – bleiben indes weitgehend sich selbst überlassen. Dass sich diese Schicht des kulturellen Gedächtnisses immer wieder als Unbehagen und in zugespitzten Vorwürfen als „Gott spielen“ bemerkbar macht, lässt sich dort beobachten, wo es um Problemkomplexe geht, denen „letzte“ Bedeutung beigemessen wird“⁵⁸. Es liegt nahe, diese Zusammenhänge mit einem wissenschaftlich-technischen Paradigmenwechsel in Verbindung zu bringen, der bislang als unhintergebar sichere Grunddistinktionen wie jene von ‚lebendig/nicht-lebendig‘ unterlaufen und obsolet machen könnte. Wenn bisher unbefragt als selbstverständlich geltende Fundamente der „Wirklichkeitskonstruktion der Moderne“⁵⁹ brüchig, ja erschüttert zu werden drohen, ist das Aufkommen eines Unbehagens nachvollziehbar. Eine erste Antwort wäre die Entwicklung und Stärkung eines Impulses in den betroffenen Gesellschaften, sich mit der eigenen kulturellen „Tiefengrammatik“ auseinanderzusetzen, um einen Zugang zu bahnen zu jenen „wichtigen Ressourcen der Sinnstiftung“⁶⁰, deren Fruchtbarmachung, Vertiefung und weiterführende Interpretation im Kontext säkularer Gesellschaften eine epochale Herausforderung darstellt. Es dürfte eine mühsame und langwierige Diskursstrecke vor uns liegen.

Zusammenfassung

MÜNK, HANS J.: **Von der Natur zur Gegennatur? Synthetische Biologie (SB) in der Diskussion. Kommentierte Präsentation eines neues Tagungsbandes.** ETHICA 20 (2012) 4, 291–316

Unter dem Oberbegriff ‚Synthetische Biologie‘ haben sich seit einigen Jahren auch im deutschsprachigen Raum eine Reihe von stark ingenieurwissenschaftlich geprägten

Summary

MÜNK, HANS J.: **From nature to anti-nature? Synthetic biology (SB) under discussion. Presentation of and commentary on a new conference proceedings.** ETHICA 20 (2012) 4, 291–316

Under the generic term ‘Synthetic biology’ a number of research approaches have developed in the last few years that are particularly characterized by the engineering

⁵⁷ Ebd., S. 357. Eine ähnliche Funktion dürfte den *Common law*-Traditionen zukommen.

⁵⁸ Ebd., S. 361.

⁵⁹ Letzte Teilzitate aus ebd., S. 364.

⁶⁰ J. HABERMAS: *Glauben und Wissen* (2001), S. 30 [(zit. nach J. RIED et al.: *Unbehagen*, S. 358; diesem Beitrag ist auch das Wort „Tiefengrammatik“ entnommen (ebd., S. 364)].

Forschungsansätzen entwickelt, die zwar – in mancher Hinsicht zu Recht – meist noch immer von der klassischen Gentechnik her beurteilt werden, deren Zielsetzungen und Zukunftsvisionen jedoch mehr und mehr darüber hinausgehen.

In diesem Beitrag werden anhand eines neuen, von Experten aus dem betroffenen Spektrum wissenschaftlicher Disziplinen verfassten Tagungsbandes die vielgestaltigen neuen Forschungswege und ihre Herausforderungen für die ethische Urteilsbildung thematisiert.

Darüber hinaus zeichnet sich eine Art Feuerprobe für herkömmliche kulturelle (gerade auch religionskulturelle) Grundverständnisse und Deutungssysteme ab (z. B. Grunddistinktion, ‚lebendig/nicht-lebendig‘). Hier könnte unter dem Eindruck von erosionsartig wirkenden neuen Ergebnissen aus der Synthetischen Biologie von der Philosophie, Theologie und einigen kulturwissenschaftlichen Disziplinen mancher neue Schritt auf bislang kaum bekanntes Terrain verlangt werden.

Bioengineering

Evolution

„Gott spielen“

kulturelles Gedächtnis

lebendig/nicht-lebendig

living machines

Synthetic Genomics

Xenobiologie

sciences and are often judged – sometimes rightly – on the basis of classical genetic engineering though their objectives and visions of the future tend to go far beyond.

To enable an ethical judgement, the author of this article discusses the multiple new ways and challenges of research as presented by experts in the relevant disciplines in a recent conference proceedings.

Besides, a crucial test seems to become apparent for conventional cultural (even religio-cultural) basic understanding and systems of interpretation (e.g. basic distinction, ‘living/non-living’). Thus – in the light of potentially erosive results in synthetic biology – philosophy, theology as well as some cultural scientific disciplines might be confronted with the necessity of exploring new ground.

Bioengineering

cultural memory

evolution

living/non-living

living machines

“playing” God

synthetic genomics

xenobiology

Literatur

ALPI, AMEDEO (und weitere 35 mitunterzeichnende botanische ExpertInnen): Plant neurobiology: no brain, no gain? *Trends in Plant Science* 12 (2007), 135–136.

ASSMANN, JAN: Religion und kulturelles Gedächtnis. Schrift, Erinnerung und politische Identität in frühen Hochkulturen. München: C. H. Beck, 2007.

AURENQUE, DIANE: Natur, Leben und Herstellung. Worin liegt die ethische Herausforderung der Synthetischen Biologie?, in: Peter Dabrock/Michael Bölker/Matthias Braun/Jens Ried (Hg.): Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie. Freiburg/München: Alber, 2011, S. 327–344.

BEUTTLER, ULRICH: Strukturelemente und Wert des Lebens. Theologisch-hermeneutische und ethische Überlegungen zum Lebensbegriff der SB, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 277–305.

- BLECH, JÖRG: Die Neuerfindung des Lebens. *Der Spiegel*, Nr. 33/2006, S. 126–128.
- BÖLKER, MICHAEL: Revolution der Biologie? Ein Überblick über die Voraussetzungen, Ansätze und Ziele der SB, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 27–41.
- BRUKAMP, KIRSTEN: Lebenswelten formen. SB zwischen Molekularbiologie und Ingenieurtechnologie, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 61–74.
- CATENHUSEN, WOLF-MICHAEL: SB – wo liegt unsere gesellschaftliche Verantwortung? Ein politisches Statement, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 387–392.
- CSENER, AMELIE/SEIRINGER, ALEXANDRA/SCHMIDT, MARKUS: Darstellungen der SB. Eine Diskussion der Berichterstattung über SB in deutschsprachigen Medien und der Äußerungen von SynBio-Experten, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 369–386.
- DABROCK, PETER/BÖLKER, MICHAEL/BRAUN, MATTHIAS/RIED, JENS: Einleitung zu: Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit?, in: Ders. et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S.11–24.
- DEPLAZES-ZEMP, ANNA: Leben als Werkzeugkasten. Die Auffassung von Leben in der SB, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 95–115.
- DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften/Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften: SB. Stellungnahme/Statement. Standpunkte/Positions. Weinheim: Wiley – VCH Verlag, 2009.
- ETC Group: Extreme genetic engineering. An Introduction to Synthetic Biology: www.etcgroup.org/files/publication/602/01/synbioreportweb.pdf
- EICHINGER, TOBIAS: Bidesign. Zu den möglichen Abgrenzungskriterien der SB von klassischer Gentechnik, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 75–92.
- ENGELHARD, MARGRET: Die SB geht über die klassische Gentechnik hinaus, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 43–59.
- GRÄFRATH, BERND: Leben II – metaphorisch – naturphilosophisch – praktisch, in: Neues Handbuch philosophischer Grundbegriffe, Bd. 2. Freiburg/München: Alber, 2011, S. 1394–1403.
- GRUNWALD, ARMIN: Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin: edition sigma, 2010.
- HABERMAS, JÜRGEN: Glauben und Wissen. Friedenspreis des Deutschen Buchhandels 2001. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 2001.
- HAMPEL, JÜRGEN/RENN, ORTWIN: Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Frankfurt/M./New York: Campus, 1999.
- HEIL, REINHARD: Von künstlichen Lebewesen und künstlichem Leben, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 147–172.
- HENNIG, BORIS: Der Fortbestand von Lebewesen. Aus Anlass von M. Scharks Lebewesen versus Dinge. *Allgemeine Zeitschrift für Philosophie* 32 (2007) 1, 81–91.
- HERRESTHAL, STEPHANIE: SB. Eine Wissenschaft der Lebensherstellung? *Stimmen der Zeit* 230 (2012) 9, 636–639.
- HÜBNER, JÜRGEN: Leben V.2. „Leben“ in gegenwärtiger Biologie, in: Theologische Realenzyklopädie; Bd. 20 (1990), S. 536–539.
- KATHER, REGINE: Was ist Leben? Biologische, kulturelle und religiöse Perspektiven, in: Urs Baumann (Hg.): Was bedeutet Leben? Beiträge aus den Geisteswissenschaften. Frankfurt/M.: Verlag O. Lembeck, 2008, S. 23–48.

- KUSMIERZ, STANISLAW: Leben I allgemein, in: Neues Handbuch philosophischer Grundbegriffe; Bd. 2. Freiburg/München: Alber, 2011, S. 1383–1394.
- LATOURE, BRUNO: Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 2008.
- LEDUC, STÉPHANE: La biologie synthétique. Études de biophysique. Paris: A. Poinat, 1912.
- MARTIN, CHRISTIAN: Zur Logik des Lebensbegriffs, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 117–149.
- MÜNK, HANS JÜRGEN: Stellt uns die SB vor neue Fragen? *ETHICA* 19 (2011) 2, 99–121.
— Angst und Furcht vor der Technik. Überlegungen zu einem ethisch verantworteten Umgang im Anschluss an neue sozial-empirische Untersuchungen. *Theologie der Gegenwart* 33 (1990), 236–247.
- OSCHE, GÜNTHER/MAHNER, MARTIN: Leben, in: Lexikon der Biologie in 15 Bänden; Bd. 8. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2002, S. 347–343.
- RIED, JENS/BRAUN, MATTHIAS/DABROCK, PETER: Unbehagen und kulturelles Gedächtnis. Beobachtungen zur gesellschaftlichen Deutungsunsicherheit gegenüber SB, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 345–367.
- ROPOHL, GÜNTER: Technik als Gegennatur, in: Ders.: Technologische Aufklärung. Beiträge zur Technikphilosophie. Frankfurt/M.: Suhrkamp 1999, S. 51–71.
- SCHARK, MARIANNE: Lebewesen versus Dinge. Eine metaphysische Studie. Berlin: de Gruyter, 2005.
- WALZ, NORBERT: Die leidende Natur. Plädoyer für eine Emanzipation des Lebens von seinen natürlichen Schranken, in: Peter Dabrock et al. (Hg.) (wie unter Aurenque), S. 251–276.
- WOLTERS, GEREON/MITTELSTRASS, JÜRGEN: Leben, in: Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie, hg. von Jürgen Mittelstrass, Bd. 4. Stuttgart/Weimar: J.B. Metzler, 2010, S. 474–477.

Prof. em. Dr. Hans J. Münk, Wesemlinstr. 48, CH 6006 Luzern
hans.muenk@bluewin.ch