

Leander Thiel

Vom Gestalter zum Schöpfer – Appell zur Positionierung der synthetischen Biologie als neue Disziplin des Designs

Published in: Johannes Warda (Ed.), *Beyond Bauhaus. New Approaches to Architecture and Design Theory*, Heidelberg: arthistoricum.net, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.658>.

Was ist also möglich? Nahezu alles, vielleicht mit einer Ausnahme. In einigen 10.000 Jahren könnten die Menschen, nachdem sie miteinander zu Rate gegangen sind, eines schönen Tages beschließen: »Genug; so wie es jetzt ist, soll es von nun an immer sein. Wir wollen nichts mehr verändern, nichts mehr erfinden, nichts mehr entdecken, denn besser als jetzt kann es nicht sein, und selbst wenn es besser sein könnte, so wollen wir es nicht.« Das erscheint mir [...] als das unwahrscheinlichste von alle[m].¹

Stanislaw Lem, 1981

1 Lem, Stanislaw: *Summa technologiae*. 7. Aufl. 2016, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1981, 582.

Synthetische Biologie, Gentechnologie, Mikro- und Molekularbiologie: Unter dem Begriff der Biotechnologie vereinen sich eine Vielzahl ineinander übergehender Teildisziplinen, welche die Nutzbarmachung und Erforschung organischer Materie antreibt. In den letzten 100 Jahren wurden in fast regelmäßigen Abständen neue vermeintliche Meilensteine verkündet und jeder Schritt als Paradigmenwechsel gefeiert. Handelt es sich bei der Biotechnologie in den meisten Köpfen noch um einen abstrakten Begriff, bei der die technologischen Prozesse unbekannt sind, werden sich die Konsequenzen aus der Forschung zunehmend in den Alltag des Menschen eingliedern. Fallen in der Außenkommunikation der Forschung und Unternehmen meist edle Zielsetzungen und Schlagworte wie die Revolution der Medizin, maßgeschneiderte Medikamente zur Heilung einer Vielzahl von Krankheiten wie etwa Krebs, die Bekämpfung der drohenden Lebensmittelknappheit durch nährstoffreichere Nutzpflanzen² oder auch die Aufhebung von Begleiterscheinungen wachstumsorientierter Konsum- und Wegwerfgesellschaften, so erstrecken sich die Erfolge in der Forschung auch auf alle anderen Bereiche des weltlichen Lebens und bergen dementsprechend auch große Gefahren für Mensch und Umwelt.

Taktgebend für die Geschwindigkeit, mit der die Forschung in den letzten Jahren voranschreitet, sind neben Start-ups und Pharmarunternehmen nicht zuletzt die Konzerne aus dem Bereich der Informationstechnologie, welche durch Kooperationen und der Gründung eigener Tochterunternehmen im Zukunftsmarkt der Biotechnologie eine zunehmend größere Rolle spielen. Während eine kleine Zahl dieser Forschungsergebnisse, wie das klonierte Schaf Dolly 1996, medial breit kommuniziert werden, wird ein Großteil der Erkenntnisse nur auf fachlicher Ebene veröffentlicht. Im Alltag des Einzelnen sind derlei Errungenschaften kaum sichtbar oder zu spüren, obwohl gerade die jüngsten Durchbrüche im Gene-Editing³ den Weg aus den Kinderschuhen hin zu einer fundamentalen allumfassenden Technologie des 21. Jahrhunderts weisen. Als modernste Form der Biowissenschaften steht die synthetische Biologie zugleich für wissenschaftlichen Fortschritt und Allmachtsfantasien, da sie das künstliche Erschaffen nie dagewesener Organismen als Ziel verfolgt. Die Signifikanz der möglichen Folgen – positive wie negative – steht im direkten Widerspruch zur weitestgehend ausbleibenden aber notwendigen gesamtgesellschaftlichen Debatte. Dieser Zustand deutet darauf hin, dass es verdeckte Faktoren gibt, welche eine offene Diskussion einschränken und damit die Entscheidungsgewalt darüber, welche Erkenntnisse verwertet werden und wie diese zum Einsatz kommen, den Forschenden und Unternehmen überlässt. Zur Erzeugung von Mündigkeit durch Mitspracherecht und einer Meinungsbildung ist es notwendig, die Biotechnologie in die gesellschaftliche Mitte zu tragen, um anschließend einen zukunftsfähigen, bewussten und selbstbestimmten Umgang mit der Technologie zu etablieren. Diese soll die Kontrol-

2 Wißmann, Constantin: »Ein weites Feld«, in: *fluter* – Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung, Herbst 2016/Nr.60, 25.

3 Gene-Editing als Sammelbegriff von Verfahren, die gezielt Teile der DNA manipulieren können.

lierbarkeit der Risiken und Chancen gewährleisten und den Weg in eine gewollte, da selbstverantwortete, Zukunft ebnen.

Status Quo: Forschungsstand und Motivation

DNA ist Information. Für jedes Lebewesen existiert durch ihre DNA eine Anleitung, die einen Großteil der körperlichen Beschaffenheit – Aussehen, Geschlecht, Art – bestimmt, es von anderen Individuen der gleichen Familie und Art unterscheidet oder, wie beispielsweise beim Klon-Schaf Dolly, reproduzierbar macht. Die in diesem Zusammenhang entstandene Debatte über den Menschen in Zeiten seiner technischen Reproduzierbarkeit prägt den fachlichen Diskurs bis heute und die vertretenen Positionen schwanken weit zwischen Fortschrittseifer und reaktionären Versuchen, jegliche Forschung zu unterbinden.

Die Erkenntnis, dass die Veränderung des Erbguts eine Anpassung der innerlichen wie äußerlichen Beschaffenheit eines Organismus zur Folge hat, stellt die Grundlage der modernsten Teildisziplin der Biotechnologie dar: die synthetische Biologie. Sie basiert auf der Entschlüsselung kompletter Genome, einer ganzheitlichen Betrachtung biologischer Systeme und verfolgt ingenieurwissenschaftliche Prinzipien.⁴ Das Ergebnis ist dabei – der Definition der Biotechnologie entsprechend – die gezielte Manipulation von Organismen zur Nutzbarmachung durch den Menschen.

Dem freien Manipulieren von DNA-Strängen kommen die Biochemikerinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna mit der von ihnen entwickelten und 2012 veröffentlichten CRISPR/Cas9-Methode bedeutend näher. Sie basiert auf dem Abwehrmechanismus eines bakteriellen Immunsystems zum Eigenschutz vor Viren und kann an weitestgehend frei wählbaren Stellen der DNA Veränderungen herbeiführen. CRISPR/Cas9 ist im Vergleich zu bisherigen Verfahren zur Umstrukturierung von DNA-Abschnitten um ein vielfaches preiswerter, leichter, präziser und hat binnen kurzer Zeit der Branche neuen Auftrieb beschert und Träume geweckt.

An diesem Aufschwung versuchen verschiedenste Akteure zu partizipieren, um sich ihren Teil eines Zukunftsmarktes zu sichern. Die dahinterstehenden Intentionen und Ausrichtungen variieren. Während bei einem Großteil der Biohacker-Aktivisten Idealismus ein wichtiger Antrieb ist, sind bei den global agierenden Konzernen Patente und Wettbewerbsvorteile dominierende Themen. Das Sichern von Patenten ist dabei ein begehrtes Ziel und die Entwicklung sowie das Aufkaufen von Schlüsseltechnologien für die Zukunft essenziell.⁵ Der Markt der Zukunft in einer Wissensgesell-

4 Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (Hrsg.): *Synthetische Biologie – Standpunkte*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2009, 8.

5 Braidotti, Rosi: »Zur Transposition des Lebens im Zeitalter des genetischen Biokapitalismus«, In: Martin G. Weiß (Hrsg.), *Bios und Zoë – Die menschliche Natur im Zeitalter der technischen Reproduzierbarkeit*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009, 120.

schaft ist durch Wissen und Patente bestimmt.⁶ Auch von staatlicher Seite besteht ein großes Interesse, die eigene Wirtschafts- und Militärmacht weiter auszubauen, Unternehmen an den Standort zu binden und sich als Unterstützer innovativer Technologien auszuweisen.

Dabei sollten als vorderste Instanz zur Regulierung der Forschung und des Marktes eigentlich politische Instrumente greifen. Dass diese aufgrund verschiedener Voraussetzungen nicht funktionieren, lässt sich an dem Ausbleiben einer konsequenten Linie bezüglich der Biotechnologie ablesen. Die Voraussetzungen sind durch ein Nicht-Wollen und ein Nicht-Können zu unterscheiden:

Ein dominierender Faktor für das Nicht-Wollen ist das Verhältnis zwischen Politik und Wirtschaft. Die Nähe, die die Politik zu den Unternehmen in einer hochkapitalistischen Welt pflegt, dem Umwerben der Konzerne zur Machtsicherung im globalen Nationenwettbewerb – all das hat nicht zuletzt Einfluss auf die nationale Gesetzeslage. Über Lobbypolitik haben umsatzstarken Firmen die Möglichkeit, Gesetze auszuhöhlen und entsprechend ihrer wirtschaftlichen Interessen zu optimieren. Investitionen in diese Zukunftstechnologie versprechen wirtschaftliche Vorteile, also auch politische Stabilität und Machterhalt. Ebenso muss auch auf die militärische Dimension zum Machterhalt hingewiesen werden: Im globalen Wettrüsten gleicht die Einführung der molekularen Biotechnologie einem Paradigmenwechsel in der Entwicklung biologischer Waffen.⁷ Die militärische Erforschung dient dem Machtgleich oder hegemonialen Bestrebungen.

Im Geiste des Nicht-Könnens lässt sich die dezentrale, länderübergreifende Entwicklung der Forschung anführen. Selbst wenn ein Staat eine konsequente Position etablieren möchte: Ein simples, nationales Verbot der Forschung hat in einer globalisierten Welt nur eingeschränkte Wirkkraft. Die Zustimmung und dementsprechend die Gesetzeslage zur Biotechnologie variieren von Staat zu Staat. Konzerne können über die Ansiedlung ihrer Firmenzentralen relativ frei den für sie passenden Standort und Gesetzesrahmen auswählen. In Europa gilt beispielsweise weitestgehend das Vorsorgeprinzip: Können Risiken und mögliche Folgen nicht ausreichend geklärt werden, wird ein Produkt eher nicht zugelassen. Auf dem US-amerikanischen Markt muss einem Produkt erst die Schädlichkeit nachgewiesen werden, bevor es zu einem Verbot kommt. Hier gilt also ein Nachsorgeprinzip.⁸ In diesem Fall können zwar internationale Organisationen wie die UNO vereinheitlichend wirken, aber diese sind der staatlichen Souveränität nur bedingt übergeordnet. Während beispielsweise die Erforschung nuklearer Waffentechnologien durch andere Staaten anhand von Seis-

6 Poltermann, Andreas: »Wissensgesellschaft – eine Idee im Realitätscheck«, Fassung vom 9. September 2013, <http://www.bpb.de/gesellschaft/kultur/zukunft-bildung/146199/wissensgesellschaft?p=all> [24. Februar 2018].

7 Geissler, E.: »Militärischer Missbrauch der molekularen Biotechnologie und seine Verhinderung«, In: Peter Brandt (Hrsg.), *Zukunft der Gentechnik*. Basel/Berlin/Boston: Birkhäuser 1997, 137.

8 Grefe, Christiane: »Die Natur ist komplex«. Im Interview mit Oliver Gehrs, in: *fluter* – Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung, Herbst 2016/Nr.60, 29.

mik, Strahlung oder radioaktiver Stoffe in der Luft nachgewiesen werden kann, stellt sich eine gegenseitige Kontrolle von geheimen Forschungseinrichtungen als unmöglich dar.

Aber auch die Geschwindigkeit, mit der die Entwicklung voranschreitet, ist ein Hindernis im politischen Entscheidungsprozess: Die Komplexität der Thematik und die weitreichenden gesellschaftlichen Konsequenzen benötigen einen ausgedehnten Diskurs. Der bürokratische Apparat des Staates hat Probleme, auf die Dynamik der Forschung zu reagieren. Als Beispiel für die Trägheit der Bürokratie lässt sich die Markteinführung des genmanipulierten und patentierten »GloFishes« zu Beginn des 21. Jahrhunderts in den Vereinigten Staaten anführen. Die DNA von Zebraabräbling, Sumatrabarbe und Trauermantelsalmler wurden dafür mit einem bestimmten Genstrang der Qualle *Aequorea victoria* erweitert. Diese Kreuzung führt bei den Fischen zu der Bildung eines Proteins, welches ein grünes Leuchten des Fisches ausbildet. Während des Zulassungsprozesses für den US-amerikanischen Markt fühlte sich keine der drei großen US-Zulassungsbehörden für das neue Produkt zuständig und eine unerwartet schnelle Markteinführung war möglich. Die Vereinigten Staaten verfolgen zwar das bereits erwähnte Nachsorgeprinzip, was einen Anteil an dem schnellen Einführen des »GloFishes« haben kann, aber Situationen wie diese zeigen, wie schwerfällig bürokratische Strukturen mit neuen Technologien umgehen. Auch wenn die Gesetzeslage in Deutschland strikter und die Einfuhr des »GloFishes« verboten ist, lässt sich ein Warenaustausch in einer globalisierten Welt kaum vermeiden. Der Reiz an der Forschung, die Möglichkeiten die sie bietet, die Macht, die mit ihr einhergeht, wecken Begehrlichkeiten und werden von den verschiedenen Akteuren weiter vorangetrieben. Die Tatsache, dass die Forschung dezentral voranschreitet, die vielen verschiedenen Protagonisten mit ihren unterschiedlichen Motivationen, die Verworrenheit und Abhängigkeit zwischen Forschern, Start-ups, Konzernen und Staatsführung: Es bedarf keines sonderlich stark ausgeprägten Pessimismus, um zu erkennen, dass sich die weitere Erforschung – sollte sie in diese Richtung weiterlaufen – nicht mehr revidieren lässt. Hinsichtlich der Auswirkung auf Mensch und Umwelt drohen irreversible Schäden, die sich ohne einheitliches Vorgehen und dem Einbeziehen der potentiell Leidtragenden nicht verantworten lassen.

Zucht der Zukunft: Evolution ohne Zufall

Die möglichen Auswirkungen und Folgen, die mit der Entwicklung der Technologie einhergehen, beherbergen ein enormes Risikopotenzial. Die Zucht, als geistiger Vorgänger der ingenieursartigen Biologie zur Formung der belebten Umwelt, hat die Flora und Fauna dieser Welt in großen Teilen verändert. Sie basiert auf dem bewussten Bevorzugen gewünschter Attribute der Nachkommen einer Art und unterbindet durch den menschlichen Eingriff die klassischen Umweltfaktoren, die die Entwicklung dieser Art sonst in eine andere Richtung drängen würde. Im Lebensmittelhandel existieren quasi keine Obst- und Gemüsesorten, die die ersten *Homo sapiens* vor über 300.000 Jahren in der Natur hätten finden können. Über die Zucht machte sich

der Mensch die belebte Umwelt über Tausende Jahre hinweg Untertan und formte sie nach seinem Willen. Die moderne Biotechnologie ändert dabei an der ursprünglichen Motivation wenig: Ziel ist es weiterhin, die Organismen dieser Welt in einer für den Menschen nutzbringenden Weise anzupassen. Der entscheidende Wandel vollzieht sich in dem grundlegenden Ablauf, wie die Wandlung eines Organismus herbeigeführt wird.

Bei der Zucht sind vor allem drei evolutive Faktoren ausschlaggebend: Selektion, Rekombination und Mutation. Der selektive Faktor – in der natürlichen Evolution die Umweltfaktoren – wird in der Zucht durch den Menschen abgebildet. Dieser bestimmt, welche Eigenschaften des Organismus gewünscht sind und dementsprechend, welchen Nachkommen eine weitere Fortpflanzung zur weiteren Ausprägung der Eigenschaft gewährt wird. Die Rekombination geht diesem Schritt voraus und findet bereits auf molekularer Ebene statt. Sie erzeugt durch Zufall eine neue Kombination der mütterlichen und väterlichen Erbanlagen in der genetischen Zusammensetzung des Nachkommens. Spontane Mutationen an Keimzellen erzeugen letztlich die größte Varianz in der Entwicklung einer Art. Diese Fehler sind ein wichtiger Teil im evolutiven Prozess, da sie Eigenschaften hervorbringen können, die zuvor kein Vorfahre besaß und eine Art ihre Anpassungsfähigkeit auch bei schnellem Wandel der Umweltfaktoren behält.

Die Zucht ist somit an biologische Faktoren gebunden, die die Geschwindigkeit der Entwicklung einer Art einschränken: Die Durchführung der Paarung für die nächste Generation kann erst ab Beginn der Geschlechtsreife initiiert werden. Die Eigenschaften der Nachkommen sind Zufall und die gewünschte Richtung oder Ausprägung kann ausbleiben. Mutationen können in seltenen Fällen sprungartig begehrte Ausprägungen erzeugen. Die Zucht ist im Vergleich zur natürlichen Auslese ein schnell ablaufender Prozess, benötigt mitunter Tausende Jahre, um beispielsweise aus dem Wolf den domestizierten Hund und dessen vielfältige Rassen zu formen. Die Entwicklung durchläuft dabei Schleifen, bei der unerwünschte oder nicht überlebensfähige Nachkommen keine Chance zur weiteren Reproduktion erhalten. Zucht ist damit genau wie manche Disziplinen der Biotechnologie ein menschliches Eingreifen in die Entwicklung von tierischen und pflanzlichen Arten.

Durch die neuen biotechnologischen Verfahren – dem Gene-Editing oder in der synthetischen Biologie – wird versucht, den Zufall, auf dem die Evolution beruht, auszuhebeln. Im Weltbild der Genetik des 20. Jahrhunderts werden die Gene als Informationseinheiten und Bausteine für die ausgeprägten Merkmale eines Organismus angesehen.⁹ Diese vereinfachende Sichtweise konnte zwar am Ende des 20. Jahrhunderts durch Initiativen wie das Human-Genom-Projekt korrigiert werden, hält sich in den Köpfen und Visionen allerdings bis heute. Nicht alle Eigenschaften des Menschen, wie etwa Intelligenz oder Musikalität, lassen sich über die Gene

9 Rheinberger, Hans-Jörg/Müller-Wille, Staffan: »Technische Reproduzierbarkeit organischer Natur – aus der Perspektive einer Molekularbiologie«, in: Weiß, *Bios und Zoë*, 29–32.

steuern.¹⁰ Dennoch: Es wird versucht, die Funktion der Gene und dessen Auswirkungen auf den Organismus zu erforschen, um mit diesen Erkenntnissen bewusst neue Eigenschaften herbeizuführen oder auszuschalten – wie am Beispiel des leuchtenden »GloFishes« zu erkennen. Dabei steht auch die Entwicklung von komplett neuen Organismen im Raum. Die Forschung konzentriert sich dabei vorerst auf das Erschaffen von Mikroorganismen mit überschaubarer Komplexität. Dass auch größere Organismen auf Dauer ein begehrtes Ziel sind, ist anhand von Beispielen wie dem Klon-Schaf Dolly abzusehen.

Der Unterschied zur Zucht zeichnet sich sowohl durch die Geschwindigkeit aus, mit der neue Organismen der Biosphäre hinzugefügt werden können, als auch durch die Möglichkeit, Eigenschaften zu kombinieren oder zu ergänzen, die auf herkömmliche Weise nur unter enormen Aufwand – oder gar nicht – herbeizuführen gewesen wären. Die Auswirkungen auf das Ökosystem können durch das Hinzufügen einer modifizierten Art minimal bis maximal ausfallen: Ein nicht-selbst-überlebensfähiges Stück künstlichen Fleisches oder ein lediglich im Wachstum gehindertes Schwein kann nur mäßig Einfluss auf seine Umgebung ausüben. Ein Malaria übertragendes Moskito kann durch CRISPR/Cas9 binnen weniger Generation mittels Gene-Drive¹¹ ausgerottet werden, bedeutete aber auch den Wegfall einer gesamten Spezies in einem Ökosystem mit nur bedingt überschaubaren Folgen.

Die Biosphäre, also der gesamte belebte Raum eines Planeten, ist ein dichtes Netzwerk verschiedenster Spezies und Ökosysteme, die in gegenseitiger Wechselwirkung stehen. Sie ist nie statisch, sondern ständig in Bewegung und gleicht Missverhältnisse ununterbrochen aus. Die Konsequenzen, die sich aus einem neuen Einfluss auf ein sich selbst regulierendes System ergeben, sind im Vorfeld nur schwer abzusehen. Eine neue Art, die dem System hinzugefügt wird, stellt eben jenen neuen Einfluss dar und beherbergt das Potenzial das System oder Teile davon zu beeinträchtigen. Die regulativen Prozesse, in diesem Fall die Anpassung durch evolutive Funktionen, benötigen Zeit, um auf neue Parameter zu reagieren. Je kleiner der Einfluss des neuen Faktors, desto geringer sind die Auswirkungen auf die Stabilität des Systems und die Anpassung läuft ihrer eigenen Dynamik folgend ab.

Die Geschichte der australischen Fauna dient dabei häufig als Musterbeispiel für den Einfluss neuer Tierarten auf ein weitestgehend isoliertes Ökosystem. Bedingt durch die geologische Distanz zu den anderen Kontinenten konnte sich die Tier- und Pflanzenwelt unabhängig entwickeln. Die durch die Kolonialherren eingeführten Tiere wie Wildkatzen, Kamele, Aga-Kröten oder Kaninchen konnten sich in der neuen Umgebung ohne Konkurrenz ungebremst ausbreiten. Maßnahmen zur Regulierung der explosionsartigen Vermehrung der Tiere zeigten nur eingeschränkt Wirkung und

10 Winnacker, Ernst-Ludwig: »Vom Gen zum Genom«, in: Gerhard Gottschalk (Hrsg.), *Das Gen und der Mensch – Ein Blick in die Biowissenschaften*, Göttingen: Wallstein 2000, 19.

11 Gene-Drive bezeichnet Vorgänge, die zur beschleunigten Ausbreitung von Genen in einer Population angewendet werden.

sind bis heute Thema in der australischen Gesellschaft und Politik.¹² Einen ähnlich großen Einfluss können demnach synthetisch erzeugte Lebewesen auf die Umwelt haben. Erhalten sie neue Eigenschaften und kommen in Kontakt mit dem nicht darauf vorbereiteten Ökosystem, können die Auswirkungen mitunter gravierend sein, da es beispielsweise keine Konkurrenten oder Fressfeinde gibt – die Möglichkeit zur unbeschränkten Ausbreitung wäre in diesem Fall gegeben. Die Technologie greift hier fundamental in den Prozess der Lebenserzeugung als solches ein und dementsprechend ist auch ihr Bedrohungspotential beachtlich.

Öffentliche Wahrnehmung: Diffuse Ängste prägen das Bild der Technologie

Die persönliche Vorstellung der zivilisatorischen Zukunft wird dominiert durch Inhalte der Literatur, Mythen, Religion und der Medien im Allgemeinen. Die Palette an Szenarien enthält alles, was sich ein Mensch auszudenken vermag und reicht von Dystopien einer zerstörten Welt bis hin zu transhumanistischen¹³ Träumen einer gesunden Menschheit. Im Gegensatz zu anderen Zukunftsthemen wie die Welt- raumforschung, Computer- und Informationstechnologie, wird die Forschung in der Biotechnologie deutlich kritischer gesehen. Das Erklären dieser ablehnenden Haltung ist Inhalt diverser Publikationen, die versuchen, das Verhältnis zwischen Öffentlichkeit und Forschung genauer zu erfassen.¹⁴ Das Bild, welches sich von dieser Grundstimmung abzeichnet, ist diffus und speist sich aus verschiedenen Faktoren, die vornehmlich mit der Komplexität und mit den zuvor genannten Befürchtungen des Missbrauchs dieser Technologie zusammenhängen.

Die Biotechnologie stellt ein Konglomerat unterschiedlichster Teildisziplinen dar und hat in der Breite an Tätigkeitsfeldern in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Eine Differenzierung der Teildisziplinen ist kaum möglich, da hier ein fließender Übergang untereinander stattfindet. Die Resultate dieser Überschneidungen, von Enzymmanipulation bis klonierten Lebewesen, sind so weit gefächert, dass eine präzisere Betrachtung durch den Laien nicht möglich ist.¹⁵ Forschungsergebnisse werden daher vom Individuum zwangsläufig als Einzelnes betrachtet, müssen aber zugleich aufgrund der Korrelationen der Biotechnologie im Ganzen zugeordnet

12 N.N.: »Wilde Kamele sorgen für Ärger im Outback«, in: *SPIEGEL ONLINE*, Fassung vom 1. April 2009, <https://www.spiegel.de/reise/aktuell/australien-wilde-kamele-sorgen-fuer-aerger-im-outback-a-616741.html> [28. August 2019].

13 Transhumanismus: Philosophische Denkrichtung, die die menschlichen Beschränkungen hinsichtlich Intellekt, Geist und Körper durch technologische Verfahren durchbrechen will.

14 Weitze, Marc-Denis/Pühler, Alfred et al. (Hrsg.): *Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Analysen, Aktivitäten* (acatech DISKUSSION), Heidelberg u.a.: Springer 2012; Schummer, Joachim: *Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor*. 1.Auf., Berlin: Suhrkamp 2011.

15 Hampel, Jürgen: »Die Darstellung der Gentechnik in den Medien«, in: Marc-Denis Weitze/Alfred Pühler et al. (Hrsg.), *Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Analysen, Aktivitäten* (acatech DISKUSSION). Heidelberg u.a.: Springer 2012, 254–255.

werden. Die Stimmung bezüglich verschiedener Teilbereiche variiert daher: Die medizinische Anwendung findet dabei noch die höchste Zustimmung, während sich der vorwiegende Teil der Bevölkerung gegen Klonierung und den Einsatz in der Landwirtschaft ausspricht.¹⁶ Die persönliche Entscheidungsfindung wird erschwert, da die inneren Widersprüche keine klare Meinung zulassen. Eine Blockadehaltung, das Ablehnen des gesamten Komplexes, ist durchaus nachvollziehbar.

Der Soziologe Ulrich Dolata sieht im geschichtlichen Rückblick die konfrontativen Strategien als wirksamste Methoden, Parlament und Unternehmen zur Kooperation zu bewegen.¹⁷ Er verweist dabei speziell auf die Erfolge der Anti-Atomkraft-Bewegung sowie die Regulierung zur Kennzeichnungspflicht von gentechnisch veränderten Lebensmitteln. Konsequenzen für nationale Märkte sind also durch Protest möglich, da die Politik – als Repräsentanten des Volkes – auf die Gesellschaft reagieren muss und so gegebenenfalls mit Gesetzesänderungen antwortet. Diese Entscheidungen können auch gegen den Wunsch der Wirtschaftslobby gefällt werden. Der Hebel, den die Bevölkerung als bevollmächtigte zur Legitimierung einer Regierung ansetzt¹⁸, ist größer als der der Wirtschaft. Auch wenn die dezentrale Veranlagung der Forschung die Macht von politischen Initiativen einschränkt: Wenn sich kein Widerstand aufbaut, kann die Forschung weitestgehend ungestört weiterlaufen. Dieser Entwicklung folgte ansonsten ein schleichender Prozess, bei der die Technologie ungehemmt vertieft wird und unbemerkt ein integraler Bestandteil des Alltags wird. Die Industrie scheut die negativen Schlagzeilen und arbeitet weniger öffentlichkeitswirksam oder in Ländern, die der Forschung toleranter entgegengetreten.

Die im Verborgenen ablaufenden Prozesse unterliegen dadurch ihrer eigenen Dynamik. Die Forschungsmotivationen speisen sich in diesem Fall aus den Faktoren, welche zu einer positiven Entwicklung des jeweiligen Unternehmens führten. Im Konkreten wäre das etwa der Wunsch, die eigene Vormachtstellung im globalen Wettbewerb zu festigen, Aktionären positive Prognosen vorzeigen zu können oder schlichtweg den eigenen Umsatz zu steigern.¹⁹

Um dem Menschen eine wünschenswerte und selbstverantwortete Zukunft zu ermöglichen, muss dieser mit den eigenen Träumen und Ängsten im Prozess und der Entwicklung der eigenen Zukunft involviert sein. Vor allem dann, wenn die Wissenschaft selbst keine Antworten auf die dringenden Fragen bereitstellen kann. Damit

16 Wolf, Miriam: *Ethische Kontroverse – demokratische Mitwirkung. Bio- und Gentechnologie als Thema der politischen Bildung*, Schwalbach/Ts.: WOCHENSCHAU Verlag 2009, 68ff.

17 Dolata, Ulrich: Die Bio-Industrie – Märkte, Unternehmen, politische Alternativen. In: Michael Emmrich (Hrsg.), *Im Zeitalter der Bio-Macht. 25 Jahre Gentechnik – eine kritische Bilanz*. 2. Aufl., Frankfurt am Main: Mabuse Verlag 1999, 254–259.

18 Der Punkt der Legitimierung trifft zumindest bei vorwiegend demokratisch organisierten Staaten zu. In autoritären Regimen kann Protest vom Volk auch einen Hebel darstellen, in diesen bedarf der Prozess einer anderen Dimension um erfolgreich zu sein.

19 Kramer, Bernd: »Big Apple«, in: *fluter* – Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung, Herbst 2016/ Nr.60, 32.

die Bevölkerung Gehör findet oder sich eine Meinung überhaupt erst entwickeln kann, bedarf es der Konfrontation mit der Thematik. Die Technologie muss ihren Weg in den öffentlichen Raum finden. Erst durch die Abwägung der Risiken und Möglichkeiten, durch Zustimmung oder die Ablehnung kann sich auf demokratische Art und Weise ein Konsens darüber bilden, wie mit den Forschungsergebnissen umzugehen ist und sich letztlich ein Weg in die Zukunft eröffnen, der von einem Großteil der Bevölkerung gewollt ist.

Wie sich diese Zukunft letztlich ausgestaltet, kann aufgrund der vielen Akteure und der allumfassenden Möglichkeiten kaum vorhergesehen werden. Und auch die Entscheidung, was sich dabei als ein positiver Weg bewerten lässt, steht offen. So führt auch der Designer Max Bill an: »Erst eine von der Gesellschaft gewünschte und geförderte Gestaltung der Umwelt kann eine humane Umwelt werden, vorausgesetzt, dass dies aus vernunftgemäßem Grund geschieht.«²⁰ Am Ende steht demnach immer die Frage nach der Verantwortung im Raum, unabhängig davon, ob die technologischen Entwicklungen komplett unterbunden oder aber euphorisch integriert werden. Die Konsequenzen müssen von den Menschen getragen werden: Sollte die Menschheit ihren Abgesang einläuten, dann kann sie nur mit offenen Augen reagieren. Angesichts dieser erdrückenden Ausgangslage für die Gesellschaft stellt sich die Frage, ob es überhaupt Möglichkeiten gibt, nach Auflösung der allgemeinen Erstarrung und erfolgreicher Motivation der Bevölkerung zur Partizipation, Einfluss auf die Geschicke der Politik und der Wirtschaft auszuüben. Es gilt also einen Weg zu finden, der die im früheren Teil dieser Argumentation als Nicht-Können- und Nicht-Wollen-Faktoren zur Regulierung der Technologie aufzuheben vermag:»Kein Mensch kann eine gefühlte Beziehung herstellen zwischen seiner Fortbewegung mit dem Auto, der Bahn oder dem Flugzeug und jener geruchs- und geschmackslosen und überdies noch unsichtbaren Substanz, die unter der chemischen Bezeichnung CO₂ das Weltklima zugrunde richtet. [...]. Gegenüber dem, was man in der Welt der Gegenwart erleben, anfassen, kaufen, verbrauchen und verschwenden kann, ist das alles total fern, abstrakt, mathematisch und – so seltsam sich das anhören mag – zu gut begründet.«²¹

Diese psychologische Zwickmühle, die der Soziologe Harald Welzer hier, und in diesem Fall bezogen auf den Kampf gegen den Klimawandel, beschreibt und als grundlegendes Problem für eine zukunftsfriendlichere Kultur anführt, lässt sich gut als ein möglicher Ausweg aus dem Biotechnologie-Dilemma lesen. Die Biotechnologie ist zu abstrakt und steht nur in den seltensten Fällen mit Dingen des Alltags in

20 Bill, Max: »Max Bills Antwort auf eine Umfrage des Internationalen Design Zentrums Berlin 1970«, in: Friedrich von Borries/Jesko Fezer (Hrsg.), *Weil Design die Welt verändert... Texte zur Gestaltung*, Berlin: Die Gestalten Verlag 2013, 114.

21 Welzer, Harald: *Futur Zwei. Die Wiedergewinnung der Zukunft*. In: Ders./S. Rammler (Hrsg.), *Der FUTURZWEI Zukunftsalmanach 2013*, Frankfurt am Main: S. Fischer 2012, 35f.

Zusammenhang. Stattdessen überlagert sich die Gedankenwelt zur Biotechnologie mit diffusen Ängsten und Vorstellungen.

Der Erfahrungsschatz hinsichtlich Möglichkeiten und Risiken in der Bevölkerung reduziert sich auf die wenigen Geschichten und Filme, die sich mit diesen auseinandersetzen. Das wissenschaftliche Hintergrundwissen beschränkt sich auf eine abstrakte Vorstellung, von der der Einzelne eine ungefähre Ahnung hat, die aber sein Leben nicht sonderlich tangiert und daher für ihn vage bleiben kann. Um zur gedanklichen Teilhabe zu motivieren, muss der Einzelne die infrage stehenden Prozesse nachvollziehen und eine Relevanz für das eigene Leben erkennen können. Das real Erfahrbare führt zur Reibung mit der abstrakten Gefühlswelt. Als auf den heimischen Ackerflächen transgener Mais angebaut wurde und somit in direkter Nähe des Konsumenten stand, verflüchtigte sich die generelle Gleichgültigkeit und Protest formierte sich schnell. Die Proteste sorgten anschließend dafür, dass bis heute die deutsche Landwirtschaft frei von Gentechnik ist.²²

Sichtbarkeit, Reibungsflächen und reale Bezüge erschaffen: Diese Faktoren sind notwendig, um allen Teilen der Bevölkerung Partizipation zu ermöglichen und die diffusen Ängste, die einem zukunftsweisenden Umgang mit der Technologie im Weg stehen, aufzulösen. Ebenso steht die Frage nach der verantwortungsbewussten Entwicklung von Anwendungen der Biotechnologie und vor allem der synthetischen Biologie und einem ebensolchen Umgang mit ihren Ergebnissen im Raum, die angesichts der voranschreitenden Forschung eine zentrale Rolle einnehmen wird. Die Schnittstelle zwischen Technologie und dem Menschen findet sich dabei im Design wieder.

Biodesign: Versuch einer Definition

Während sich die Designtheoretiker selbst nicht über eine allgemeine Definition des Designs einig werden können, so verbindet sie mittlerweile dennoch die Annahme, dass Design als adaptiver und universeller Prozess zu interpretieren ist, der sich nicht auf Produkte, Plakate und Gebäude beschränkt, sondern auch Dienstleistungen, Arbeitsprozesse oder Kongresse unter Abwägung verschiedenster Außeneinflüsse formt.²³ »Design ist das planvolle – also absichtliche, vorsätzliche, zielorientierte – Gestalten von physischen und virtuellen Gegenständen, Innen- und Außenräumen, Informationen und sozialen Beziehungen. Dieser erweiterte Designbegriff umfasst also alles, was in disziplinär engeren Kontexten Produkte- Industrie- Grafik- und Kommunikationsdesign etc. genannt wird, [...]«²⁴ In der jüngeren Geschichte des Designs haben sich in den verschiedenen Teildisziplinen unterschiedliche Herange-

22 Forum Bio- und Gentechnologie e.V.: »Deutschlands Felder sind >gentechnik-frei««, Fassung vom 2. November 2016, <http://www.transgen.de/anbau/1479.deutschland-felder-gentechnikfrei.html> [22. Februar 2018].

23 Brandes, Uta/Erlhoff, Michael/Schemmann, Nadine: *Designtheorie und Designforschung*, Stuttgart: UTB 2009, 20.

24 Borries, Friedrich von: *Weltentwerfen. Eine politische Designtheorie*. 2.Aufl., Berlin: Suhrkamp 2016, 9.

hensweisen und Denkmuster etabliert, die in Kombination mit der Biotechnologie zum einen einen Mehrwert für die Forschung als auch für die Menschen darstellen können, zum anderen die geschilderten gesellschaftlichen Probleme abmildern. Ebenso wie in der Zucht ist das Ziel des Biodesigns die Abwandlung von Organismen und organischen Prozessen und gleich dem Industriedesign die Nutzbarmachung durch Menschen. Die demselben Ausgangsmaterial und Ablauf folgende Bandbreite an Nutzungen ist fast unbegrenzt und erstreckt sich von der relativ simplen Modifikation von Organismen, wie etwa der Anpassung der Maserung einer Baumart, dem Hinzufügen spezifischer Funktion, leuchtender Pflanzen oder Fische, bis hin zu völligen Neuschöpfungen nie da gewesener Lebewesen. Entscheidend ist, gerade in Bezug auf ethische Fragestellungen und Risikobewertung, wie tief der Eingriff in die Keimbahn und die Biosphäre sowie Ökosystem ist. Die Grundlage der organischen Gestaltung bilden die Manipulation und Neusynthese von DNA. Diese stellen das technologisierte und nicht zufallsbasierte Äquivalent zur klassischen Zucht dar. Daraus resultiert: Biodesign bedeutet das zielorientierte Gestalten minder- sowie hoch komplexer Lebewesen unter Berücksichtigung verschiedenster Außeneinflüsse mittels genmanipulierender Verfahren. Auffällig ist die Nähe zur Definition der Biotechnologie. Die Biotechnologie strebt die Nutzbarmachung von lebenden Organismen zur Produktion von Wissen, Gütern und Dienstleistungen an. Der entscheidende Unterschied ergibt sich aus dem Einbeziehen der Umwelteinflüsse in den Überlegungen zur Gestaltung im Prozess: Ethik, Ökologie, Sinnhaftigkeit und die Frage nach der Art der Nutzung wird erst durch einen übergeordneten Blick zum Thema. »Technologie ist nicht notwendig schlecht, aber notwendig dumm. Sie selbst bewirkt gar nichts, sondern nur die Kultur, die sie benutzt.«²⁵ Im Folgenden werden zentrale Punkte erläutert, die mittels des Biodesigns aus einer richtungslosen Technologie, eine menschliche, positive Technologie erschaffen und die die im Vorfeld beschriebenen Probleme bezüglich einer Unmündigkeit der Bevölkerung dadurch lösen können.

Symbole und Ikonen: Überlagerung von negativer Symbolik

Über das Produktdesign werden Technologien für den Menschen greifbar. Design zielt auf Nutzbarkeit ab, beruft sich auf das Faktische und stellt Abhängigkeiten dar. Die gestalteten Produkte sind keine Prophezeiung eines nahenden Untergangs, sondern stellen aus dem Realen abgeleitete Möglichkeiten dar. Sie sind nicht phantastischer Traum, sondern beziehen sich auf das Mach- und Realisierbare dieser Welt. Es lässt sich als eine Art Bindeglied interpretieren, welches abstrakten Prozessen wie der Umwandlung von Lichtenergie in Strom, Telekommunikation oder Fotografie einen realen Bezug entgegensetzt. Die inneren technologischen und chemischen Funktionsweisen sind nur bedingt Teil der Kommunikation zum Nutzer, aber sie bilden

²⁵ Welzer: *Futur Zwei*, 33.

etwas Seh-, Hör- und Greifbares ab, was in direkter Abhängigkeit zum Menschen erzeugt wurde. Diese Nähe zum Menschen kann die Biotechnologie über das Design erhalten. Der Philosoph Daniel M. Feige deutet Design als Welterschließung, die der Welt ein spezifisch menschliches Gesicht gibt.²⁶ Design forme die Welt im Rahmen ihres Gebrauchs, da die durch das Design entstehenden Gegenstände auf die menschliche Praxis bezogen sind und sich aus ihr erst ergibt. Über Design wird der Mensch mit Realität konfrontiert, die der Auseinandersetzung bedarf und Zustimmung sowie Ablehnung erst ermöglicht.

Das Einbeziehen von ebenso begehrenswerten wie zukunftsfähigen Entwicklungsmöglichkeiten schürt das Interesse daran, sich mit diesen möglichen Zukunftsvisionen auseinanderzusetzen und klammert die eigenen Ängste in Teilen aus. Um die negativen Emotionen nicht weiter zu verstärken und zum politischen Teilhabe zu motivieren, müssen alltägliche, nützliche Aspekte beleuchtet werden. Die prinzipielle Ablehnung wird abgemildert und erlaubt einen freieren Umgang. Design besitzt eine auf die Sinne bezogene und vor allem visuelle Komponente. Der Vorwurf, Design würde sich in ästhetischen Ansprüchen verlieren, eine rein oberflächlich-formale Disziplin darstellen, und dadurch letztlich die funktionalen Aspekte einschränken, findet zwar in der aktuellen Verortung des Designs durchaus seine Bestätigung. In der Breite der Bevölkerung und in unternehmerischen Kreisen wird Design noch immer auf ein einfaches Mittel zur Absatzförderung durch Gestaltung von Äußerlichkeiten reduziert.²⁷ Jedoch darf die Kompetenz zur Erzeugung visueller Qualitäten als Schlüssel zur geschilderten Problemstellung nicht unbeachtet und unterschätzt werden.

Der Mensch ist ein primär visuelles Wesen und entscheidet in kürzester Zeit, ob das Gesehene ansprechend ist oder nicht. Die Mittel zur prägnanten visuellen Kommunikation sind Teil der Profession und der Ausbildung. Dies bezieht sich zum einen auf die Gestaltung der physischen Erscheinung von Produkten der synthetischen Biologie oder der Gentechnik – also die reale Ausprägung und körperliche Gestalt von Organismen – und zum anderen auf deren inhaltliche und mediale Kommunikation. Als gelungenes Beispiel ließe sich hierbei erneut die Arbeit von Alexandra Daisy Ginsberg anführen, deren Modellorganismen zum Schutz der Biosphäre formal sowohl ästhetisch sind als auch in ihrer ganzkörperlichen Physiognomie glaubwürdig erscheinen und die ihnen innewohnenden Funktionen nach außen kommunizieren.²⁸ Obwohl die von ihr vorgestellten Organismen nur hypothetischer Natur sind, zeigt sich, dass ihr designorientierter Ansatz funktioniert und auch heute schon medial treffend kommuniziert werden kann.

26 Feige, Daniel Martin: *Design. Eine philosophische Analyse*, Berlin: Suhrkamp 2018, 9.

27 Erhoff, Michael: *Theorie des Designs*, München: Wilhelm Fink 2013, 149.

28 Ginsberg, Alexandra Daisy: *Designing for the Sixth Extinction*, <https://www.daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction> [21. Februar 2018].

Gerade in Zeiten digitaler Medien, sozialer Netzwerke und des Internets ist die visuelle Kommunikation die erste Wahl, um eine breite Öffentlichkeitswirksamkeit zu erzielen. Der Designer Frank Wagner schreibt hierzu, dass

alles, was heute eine Bedeutung hat und wahrgenommen werden will, [sich] unter größtmöglicher Eigenständigkeit vor allem visuell artikulieren [muss]. Bei der enormen Zahl konkurrierender visueller Eindrücke kann Aufmerksamkeit nur durch visuelle Qualität und die Qualität der wahrzunehmenden Botschaft erreicht werden.²⁹

Publikationen in Buchform oder umfangreiche wissenschaftliche Berichte und Artikel können dies in der Regel nicht leisten. Zudem lassen sich komplexe Inhalte nur mit einem jeweils eigenen redaktionellen Aufwand kurz und prägnant kommunizieren. Der Medienwissenschaftler Neil Postman prägte die Aussage, wonach der Inhalt dem Medium gemäß geformt sein muss, um sein Potential voll ausschöpfen zu können.³⁰ Um demnach eine gesellschaftliche Relevanz entwickeln zu können und größere Teile der Bevölkerung zu erreichen, ist die visuelle Kommunikation der biotechnologischen Entwicklungen über die aktuell dominierenden Medien essenziell. Für eine adäquate Kommunikation ist das Wissen um Symbolik und Semiotik ein wichtiger Aspekt, der bei der Aufbereitung von abstrakten Technologien oder Schaffung von Organismen bedacht werden muss. Der Philosoph Joachim Schummer zeigt auf, wie die Biotechnologie in der Geschichte durch negative Symbolik überlagert wird und dass der Vorwurf des Gotteshandwerk eine relativ neue Argumentation ist.³¹ Der Mangel an konträren, also auch positiven, Szenarien ergibt sich durch die Abstraktheit der Forschung, die bisher meist auf molekularer Ebene stattfindet und daher keinen greifbaren Bezugspunkt darstellen kann. Das klonierte Schaf Dolly erreichte auch dadurch eine hohe Popularität, dass es als physischer Beweis für die Forschung medial kommunizierbar war, dabei einen realen Kontext bot und so zu einem Symbol für das Klonen von Lebewesen avancieren konnte. Dem Hinzufügen neuer Symbole und Bezüge in den den mit der Biotechnologie verbundenen Gefühlskanon folgte eine erleichterte Orientierung in der Materie, da reale Beispiele als prägnante Anhaltspunkte fungierten.

Design stellt im Vergleich die kontrollierte Alltagserfahrung dar, mit der sich der Mensch auch nach einer Kinovorführung oder Ausstellung konfrontiert sieht. Es stellt einen realen Gegenentwurf zur Fiktion von Künstlern und Filmschaffenden dar, welcher mit allen Sinnen wahrgenommen werden können. Diese können zwar ein mediales Echo erzeugen, ihre Inhalte basieren jedoch häufig auf Provokation zur Erhöhung der Reichweite und generieren dadurch weitere Ablehnung bei der Bevöl-

29 Wagner, Frank: *The value of design. Wirkung und Wert von Design im 21. Jahrhundert*, Mainz: Hermann Schmidt Verlag 2015, 49.

30 Postman, Neil: »Das Zeitalter des Showbusiness«, in: Claus Pias/Joseph Vogel/Lorenz Engell et al. (Hrsg.), *Kursbuch Medienkultur. Die maßgeblichen Theorien von Brecht bis Baudrillard*. 6. Aufl. 2008, München: DVA 1999, 227.

31 Schummer, Joachim: *Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor*. 1. Aufl., Berlin: Suhrkamp 2011.

kerung. In einer konsumorientierten Gesellschaft ist es ist der tägliche Umgang mit den Gegenständen des Designs, der eine unmittelbare Nähe zu den Objekten erzeugt. Diese Gegenstände stellen dann umso stärker ein Symbol für die neuen Möglichkeiten dar und forcieren den Wunsch, daran teilzuhaben. Das Entwerfen des Biodesigns als Profession ist daher dringend notwendig.

Verantwortete Realität: Biodesign ist Verantwortung

Der Designtheoretiker Friedrich von Borries führt in seinem Buch *Weltentwerfen* politische Verantwortung und Design zusammen. Er unterscheidet darin zwischen entwerfenden und unterwerfenden Anteilen des Designs. »Entwerfen. Unterwerfen. Alles, was gestaltet ist, unterwirft uns unter seine Bedingungen. [...] Design schafft Freiheit, Design ermöglicht Handlungen, die zuvor nicht möglich oder nicht denkbar waren. Indem es dies tut, begrenzt es aber auch den Möglichkeitsraum, weil es neue Bedingungen schafft. [...] Diese dem Design inhärente Dichotomie ist nicht nur eine gestalterische, sondern eine politische. Sie bedingt Freiheit und Unfreiheit, Macht und Ohnmacht, Unterdrückung und Widerstand.«³²

Das Erkennen der politischen Dimension und der Verantwortung des Designers ist eine Schlüsselkomponente für ein angemessenes Ausführen der Profession. Die ethische Auseinandersetzung mit Konsequenzen des eigenen Handelns bildet das Fundament für ein verantwortungsvolles Ausführen der Designtätigkeiten. »Jeder Designer ist verantwortlich für das, was er gestaltet. [...] Basis dieser Entscheidung ist eine kritische Auseinandersetzung mit der eigenen Praxis. [...] Er verändert die Welt, in der wir leben. Nicht immer sind Designer sich der Reichweite des eigenen Handelns und der daraus erwachsenden Verantwortung bewusst, obwohl das Problem des verantwortungslosen Schöpfers schon in der Frühmoderne (z.B. 1818 in der Figur des Viktor Frankenstein) angedacht wurde. Um verantwortungsvoll handeln zu können, muss sich der Designer der gesellschaftlichen Bedeutung (mitsamt der ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen) seines Handelns bewusst sein.«³³ Harald Welzer und der Sozialwissenschaftler Bernd Sommer streben dabei gleich ein gesellschaftsumfassendes Transformationsdesign an. Sie argumentieren, dass ein Wandel des aktuellen Gesellschafts-, Wirtschafts- und Kulturmodells mit der Forcierung eines unbegrenzten Wachstums in einer ressourcenbegrenzten Welt unausweichlich ist. Unterschieden werden müsse dabei, ob diese Transformation »by design or by disaster« erfolgt:³⁴ Kann also ein Bewusstseins- und Handlungswandel durch planungsreiche Vorarbeit die großen Probleme dieser Zeit bewältigen, oder muss es erst zur Katastrophe mit unvorhersehbaren Folgen kommen?

32 Borries: *Weltentwerfen*, 9–15.

33 Ibid., 122f.

34 Sommer, Bernd/Welzer, Harald: *Transformationsdesign. Wege in eine zukunftsfähige Moderne*, München: oekom verlag 2014, S. 10f.

Biodesign erzwingt Verantwortung. Für einen positiven Ausgang der Entwicklung ist ein »by design« einem »by desaster« vorzuziehen. Dies setzt eine noch ausgeprägtere interdisziplinäre Beschäftigung mit Ethik und ökologischen Vorgängen bereits in der Ausbildung essenziell voraus. Die Forschung muss zur Vermeidung des Desasters vor allem in der Anfangsphase evolutionäre Züge annehmen. Sie muss sich schrittweise vortasten, zur Fehlerkorrektur viele Schleifen ziehen und natürliche Umweltfaktoren mit einbeziehen, um reaktionsfähig zu bleiben. Die höchste Spezialisierung in den akademischen Laufbahnen der Biowissenschaften muss in der Umwandlung von Technologie zur Nutzung durch eine ausgeprägte Interdisziplinarität im Biodesign aufgefangen werden, damit ein zukunftsfähiger Gebrauch der Erkenntnisse gewährleistet ist. Diese Funktion übernimmt das Design, indem es Teile weiterer Disziplinen wieder der Sozialwissenschaften, Psychologie oder Ökologie in den Prozess integriert.

Persönliche Haltung:

Design ist subjektiv und erfordert einen Standpunkt

Entgegen den weitverbreiteten Bestrebungen, Design als quantifizierbaren und objektiven Prozess zu etablieren, um sich in der zunehmend rationalen, wissenschaftlichen und effizienzgetriebenen Wirtschaft als seriös und professionell zu behaupten³⁵, zeigt sich, dass mit dem Berufsbild dennoch eine eigene Haltung im Entwurfsprozess einhergeht. Die Anstrengungen, Design in einer auf rationalen Prämissen basierenden Gesellschaft von den freien Künsten zu distanzieren, erscheint durchaus nachvollziehbar. Es wird versucht, für die Disziplin einen hoch wissenschaftlichen Hintergrund zu etablieren, der das gegenwärtige Bild des diffusen Geistesblitzes als Ideengeber im Entwurfsprozess verdrängen soll. So versucht beispielsweise Dieter Rams mit seinen 10 Thesen darüber, was »gutes Design« ausmacht, eine objektive Bewertbarkeit von Design zu etablieren. Dass es sich hierbei nur um eine von vielen Meinungen und Auffassungen von Design handelt, lässt sich an Thesen anderer Gestalter und der gelebten Praxis erkennen.³⁶ Die Designtheorie ist bis heute durchzogen von verschiedensten Interpretationsansätzen bezüglich einer Deutung des Designbegriffs. Auch wenn Thesen wie die von Rams eine Objektivität propagieren, zeigt sich an Aussagen wie »Gutes Design ist unaufdringlich« oder »Gutes Design ist ästhetisch« wie vage und subjektiv diese Maximen, aber auch deren spätere Deutung und Ausführung sind.³⁷ Das Interesse von Designern, sich geistig und theoretisch mit Gestaltung auseinanderzusetzen und einen persönlichen Duktus erkennen zu lassen, zeugt jedoch von einer inneren Haltung und gedanklicher Teilhabe.

35 Schneider, Beat: *Design – Eine Einführung. Entwurf im sozialen, kulturellen und wirtschaftlichen Kontext*, Basel/Boston/Berlin: Birkhäuser 2009, 281–283.

36 Borries, Friedrich von: »Rams und Apple«, in: Ders./Jesko Fezer (Hrsg.), *Weil Design die Welt verändert... Texte zur Gestaltung*, Berlin: Die Gestalten Verlag 2013, 23.

37 Ibid., 23–31.

Die Begriffe Haltung und Design führte bereits der Bauhaus-Lehrer László Moholy-Nagy 1946 zusammen. Die Design- und Kulturwissenschaftlerin Claudia Mareis fasst die Position Moholy-Nagys wie folgt zusammen: »Sowohl der Begriff der ›Idee‹ als auch ›Haltung‹ machen eines deutlich: Design soll in seiner ›Essenz‹ nicht als ›materielle‹, sondern als ›ideelle‹ Tätigkeit verstanden werden. Diese idealistisch und zugleich essentialistisch gefärbte Lesart von Design findet denn auch im deutschen Begriff der ›Gestaltung‹ eine Entsprechung.«³⁸ Moholy-Nagys Ansatz zur Beschreibung des Berufsbildes prägt das Bild des Designs bis heute und wurde in der geistigen Nachfolge des Bauhaus an der Hochschule für Gestaltung Ulm weiter ausgearbeitet. Auch wenn dabei immer wieder der wirtschaftliche Einfluss auf den Gestalter kontrovers diskutiert wurde, zeugte das problemlösungsorientierte Arbeiten immer wieder von Unabhängigkeit und Eigenverantwortung. Der viel beachtete Essay von Lucius Burckhardt *Design ist unsichtbar* aus dem Jahre 1980 erhebt das Design zu einer Disziplin des Denkens: »Inzwischen hat man wohl erkannt, daß Dinge mit so hohem Symbolwert und so geringem Anteil von Erfindung wie das Eßbesteck gar nicht Gegenstand des Designs sind, diejenigen Dinge aber, die noch zu erfinden sind, sind wohl, mindestens in ihren technischen Teilen, für den Designer zu schwierig. So muß sich das Design öffnen zu einem Soziodesign: einem Nachdenken über Problemlösungen, die dadurch entstehen, daß sowohl Rollen wie Objekte aufeinander abgestimmten Veränderungen zugeführt werden. Etwa so: eine Küche, die Gäste dazu anregt, dem Gastgeber beim Zerkleinern der Zwiebeln zu helfen...«³⁹ Burckhardt hebt das Design damit auf eine übergeordnete Ebene, bei der es nicht nur um die pragmatische Erfüllung von technologischen und zweckdienlichen Eckdaten geht. Eine Bewusstwerdung des kompletten Lebenszyklus‘ eines Produktes sowie dessen Verbindungen und Einflüsse auf das gesamtgesellschaftliche Wirkgeflecht der Umwelt wird zum Ziel der Konzeption. Die Reduktion auf einen durchweg rationalen Prozess ingenieurtechnischer Natur wird damit ausgeschlossen, da es für eine derartige Komplexität keine perfekte Lösung geben kann. Diese Grundeinstellung braucht es auch im Umgang mit dem Biodesign. Die Wirkung, mit der ein neuer Organismus das Ökosystem beeinträchtigen kann, lässt sich nicht abschließend klären. Dennoch ist ein Erkennen möglichst vieler potenzieller Überschneidungen aus einer übergeordneten Perspektive unabdingbar, um verheerende Folgeerscheinungen zu minimieren. Gleichzeitig wird sichtbar, dass Entwicklungen aus dem Biodesignbereich Zeit benötigen: Ein Essbesteck kann relativ unkompliziert in wenigen Wochen zur Marktreife gebracht werden, während eine neue Modellpflanze zur Bindung von Stickoxiden aus der Luft für den städtischen Raum auf eine Vielzahl von Situationen und Interferenzen mit anderen Organismen angepasst sein muss.

38 Mareis, Claudia: *Design als Wissenskultur. Interferenzen zwischen Design- und Wissensdiskursen seit 1960*, Bielefeld: transcript 2011, 106.

39 Burckhardt, Lucius/ Höger, Hans (Hrsg.): *Design=Unsichtbar*, Ostfildern: Hatje Cantz 1995, 21.

Durch die Unmöglichkeit einer mathematisch perfekten Lösung für diese Probleme wird deutlich, dass das Ergebnis des Designprozesses immer eine menschliche Komponente besitzt: Das Interpretieren und Abwägen einzelner Faktoren lässt sich nicht über mathematische Berechnungen begründen, sondern ist immer eine persönliche Wahl. Die gleiche Anweisung zur Gestaltung einer Leuchte wird heute in jedem Designbüro zu einem anderen, individuellen Ergebnis führen, da der Gebrauch von Material oder Bestimmung der Form sich durch den eigenen persönlichen und durch Ausbildung, Kultur und innerer Haltung geprägten Stil definiert. Im Umkehrschluss bedeutet dieser Zustand auch, dass die an sich richtungslose objektive Technologie wie die Biowissenschaften durch den subjektiven Gestaltungsprozess eine immer individuelle Richtung erhält.

Prozess und Kreativität:

Jedes Konzept setzt eine individuelle Betrachtung voraus

Der Entwurfsprozess zur Entwicklung neuer biotechnischer Produkte findet dabei viele Überschneidungen zu jenen Prozessen, die sich bereits im Produktdesign etabliert haben. Hier wird ein schnelles Adaptieren der produktspezifischen Eigenheiten vorausgesetzt. Die konkreten im Hintergrund ablaufenden technologischen Prozesse werden dabei nur so weit aufgenommen, wie es für die Gestaltung vonnöten ist. Die Grundlage bildet der weitestgehend universelle Entwurfsprozess, der sich kaum von den etablierten Vorgehensweisen im Design unterscheidet:

Informationsphase: Definition und Verständnis der Aufgabenstellung (Problem erkennen) und Sammeln von Informationen.

Analytische Phase: Analyse der gewonnenen Informationen; Vergleich mit der Aufgabenstellung.

Entwurfsphase: Ideen entwickeln und nach alternativen Lösungskonzepten suchen.

Entscheidungsphase: Beurteilung des Für und Wider der Lösungen; Entscheidung für eine oder mehrere Lösungen.

Phase der Kalkulation und Anpassung des Produkts an die Bedingungen der Produktion.

Verwirklichungsphase: Prototyp herstellen, testen, auswerten, anpassen und implementieren.⁴⁰

Ein Wandel muss allerdings in der Gewichtung und der Auswahl der verschiedenen Inhalte stattfinden. Die in der Fertigungstechnologie und Konstruktion gelehrtten Inhalte beziehen sich auf industrielle Verfahren zur Formung der unbelebten Umwelt. Biotechnologierelevante Äquivalente müssen gefunden und vermittelt werden, um den aus dem Produktdesign bewährten Prozess auf das Biodesign anzupassen. Der Philosoph Donald Schön prägte mit seinem 1983 erschienen Buch *The Reflective Practitioner*⁴¹ den Begriff der reflektierten Praxis. Die Design- und Kulturwis-

40 Schneider: *Design – Eine Einführung*, 285.

41 Schön, Donald: *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*, New York: Basic Books 1983.

senschaftlerin Claudia Mareis fasst seine Argumentation wie folgt zusammen: Der Wissenszuwachs durch Theorie allein ist nicht ausreichend und kann erst in Verschränkung mit praktischem Handeln zu einem Erkenntnisgewinn führen.⁴² Diese Ansicht findet in der aktuellen Designtheorie durchaus Zustimmung und attestiert dem Design eine grundlegende Offenheit im Problemlösungsprozess. Auch Daniel M. Feige erklärt, dass sich das Ergebnis oder die Idee erst durch den Prozess offenbart, und nicht bereits im Vorfeld durch übergeordnete Regeln bestimmbar ist: »Die Gestaltung von Designgegenständen muss vielmehr als eine je singular geleistete Neuaushandlung auch der Zwecke, wozu die Gegenstände da sind, erläutert werden. [...] Anders gesagt: Der Prozess des Entwerfens und Gestaltens lässt sich nicht abkürzen, lässt sich nicht im Sinne einer abstrakten Metaregel in seiner Eigenlogik neutralisieren.«⁴³

Demnach können im Design niemals zwei Probleme durch dieselbe Lösung beantwortet werden, da neue Technologien entwickelt werden, sich klimatische Gegebenheiten ändern oder der kontinuierlich ablaufende gesellschaftliche Wandel ein anderes Vorgehen erzwingt. In jedem Prozess sind die Parameter neu zu evaluieren und in die Überlegungen einzubeziehen. Einem verantwortlichen Umgang bei Entwicklungen im Biodesign liegt diese Annahme zugrunde. Die Betrachtung der Probleme muss ganzheitlich geschehen, da sich der Punkt, an dem Risiken zu erwarten sind, im Vergleich zum Produktdesign verschiebt.

Eine weitere Schlüsselqualifikation des Biodesigns zur Problemlösung im Prozess stellt die ihr inhärente Kreativität dar. In ihr bündelt sich das interdisziplinäre Wissen und bedeutet einen Vorteil gegenüber der hoch spezialisierten Ausbildung in den Biowissenschaften. Das Wissen um gegenseitige Abhängigkeiten im Ökosystem und der übergeordnete Blick bilden die Grundlage für kreative Techniken. Einen vollkommenen Biodesigner, der Expertise in allen nur denkbaren Bereichen aufweisen kann, wird es allerdings nicht geben. Daher ist die Interdisziplinarität wichtig, um Relationen zu verstehen, aber dient ebenso als Grundlage für Kommunikation in großen Teams mit Mitgliedern unterschiedlicher Hintergründe. Basierend auf diesem Wissen kann ein gedanklich divergenter Prozess in kreativen Methoden stattfinden, der über das fachübergreifende Verknüpfen von Teilaspekten neue, innovative Lösungen hervorbringen kann. Erst abschließend wird ein konvergentes, also logisches und bewertendes Denken angewandt, um real anwendbare Lösungen auszuwählen. Der ergebnisoffene Prozess stellt somit einen wichtigen Aspekt des Biodesigns dar. Die Erfahrung, die sich in über 100 Jahren industrieller Gestaltung angesammelt hat, bietet sich zur Adaption an. Im Prozess läuft das Abwägen verschiedenster Einflüsse und Parameter zusammen und mündet in einer geeigneten, sich ihrer Umwelt bewussten Lösung.

42 Mareis: *Design als Wissenskultur*, 167.

43 Feige: *Design. Eine philosophische Analyse*, 145.

Appell: Biodesign als Weg in die Zukunft

Die Umweltkrisen der konsumorientierten Welt – Verschmutzung der Weltmeere, Klimawandel durch Treibhausgase, Lagerung von radioaktivem Abfall, Feinstaubbelastung im städtischen Raum, massenhaftes Bienensterben – sind erst Problem, wenn sie als massenhafte Erscheinung Einfluss auf das irdische Ökosystem ausüben können. Eine einzelne Plastiktüte zerfällt nach 20 Jahren, der CO₂-Ausstoß eines Autos hat keine nennenswerte Auswirkung auf die globale Zusammensetzung der Luft und der Gebrauch von Pflanzenschutzmitteln auf einem Feld rotet keine gesamte Spezies aus. Auf kleine Veränderungen reagiert das Ökosystem verhältnismäßig gut. Erst das großflächige Auftreten und der industrielle Einsatz dieser Stoffe kann die globale Biosphäre beeinträchtigen.. Der Produktdesigner, als Gestalter für Produkte, die in Masse verkauft werden sollen, muss sein Produkt in tausend- oder millionenfacher Ausführung denken, um die Konsequenzen gering zu halten. Gängige Taktiken eines ökologischen Bewusstseins wie das Cradle-To-Cradle-Prinzip wären also die Vermeidung überflüssiger Materialien und Verpackungen, die Nutzung recycelter Stoffe oder die adäquate Rückführung der Materialien in den biologischen Kreislauf.

Mit dem Biodesign und der synthetischen Biologie ändern sich die Vorzeichen. Weiterhin muss das angestrebte Ergebnis als potenziell massenhaft vorkommender Einfluss gesehen werden, nur kann die Tragweite bereits durch einen einzelnen fehlerhaften oder unzulänglich konzipierten Organismus erreicht werden. Gene-Drive, wie am Beispiel des Moskitos ausgeführt, kann geplant sein, oder sich unbewusst als Nebenerscheinung verheerend auf eine gesamte Population auswirken. Pollen eines Produkts verbreiten sich über die Luft und könnten ähnliche Organismen bestäuben und verändern, werden von Bienen verarbeitet oder belegen die menschlichen Schleimhäute, was wiederum zu allergischen Reaktionen führen kann. Eine vorteilhafte neue Eigenschaft zum Schutz eines bedrohten Beutetieres kann die davon abhängigen Raubtierarten empfindlichen stören und dezimieren, was im Anschluss eine explosionsartige Ausbreitung dieser und anderer in Korrelation stehender Arten bedeuten kann. Der Entwurfsprozess muss auf diese Verlagerung des Schwerpunkts reagieren und sich zunehmend auf eine Betrachtung des gesamten Zyklus eines Produktes fokussieren.

Der Verschmelzung von Biotechnologie und Design als Biodesign folgte allerdings auch die Auflösung der zu Anfang beschriebenen Probleme, welche die Biotechnologie hinsichtlich Kommunikation und Akzeptanz aufweist. Das Biodesign setzt den diffusen Ängsten reale Möglichkeiten entgegen. Die Überlagerung der negativen Symbolik ermöglicht eine offenere Kommunikation. Diesen Bestrebungen folgt eine Vielzahl für den Menschen positiver und neuer kreativer Umsetzungen biotechnologischer Erkenntnisse, die zur gesamtgesellschaftlichen Diskussion und demokratische Partizipation durch steigendes Interesse beitragen. Auf diese Weise öffnet sich ein Weg aus einer fremdbestimmten hin zu einer demokratischen und selbstbestimmten Zukunft. Auch die potenziellen Risiken durch die Forschung erhalten so einen kontrollierten Umgang, da ein interdisziplinärer Blick durch die Herangehensweise

des Designs einen höheren Grad an Verantwortung und Umsicht mit sich zieht. Der Grundstock und die künftige Ausrichtung des Biodesigns zeichnen sich durch die Ausbildung, die Professoren und die politischen Entscheidungen aus. Ein frühzeitiges Erkennen dieser Chancen kann sowohl für die Hochschulen, die Industrie als auch für die Gesellschaft von großem Vorteil sein. Zum einen erhöht es die Attraktivität eines Standorts für die Branche und ermöglicht dadurch die Kontrolle über die aktuelle Forschung und zum anderen kann es zu einer Initialzündung der benötigten Entwicklung hinsichtlich einer zukunftsfähigen – also einer sich selbst reflektierenden – und mündigen Gesellschaft beitragen.

Bibliografie

Bill, Max: »Max Bills Antwort auf eine Umfrage des Internationalen Design Zentrums Berlin 1970«, in: Friedrich von Borries/Jesko Fezer (Hrsg.), *Weil Design die Welt verändert... Texte zur Gestaltung*, Berlin: Die Gestalten Verlag 2013.

Borries, Friedrich von: »Rams und Apple«, in: Ders./Jesko Fezer (Hrsg.), *Weil Design die Welt verändert... Texte zur Gestaltung*, Berlin: Die Gestalten Verlag 2013.

Borries, Friedrich von: *Weltentwerfen. Eine politische Designtheorie*. 2. Aufl., Berlin: Suhrkamp 2016.

Brandes, Uta/Erlhoff, Michael/Schemmann, Nadine: *Designtheorie und Designforschung*, Stuttgart: UTB 2009.

Braidotti, Rosi: »Zur Transposition des Lebens im Zeitalter des genetischen Biokapitalismus«, in: Martin G. Weiß (Hrsg.), *Bios und Zoë – Die menschliche Natur im Zeitalter der technischen Reproduzierbarkeit*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009.

Burckhardt, Lucius/Höger, Hans (Hrsg.): *Design=Unsichtbar*, Ostfildern: Hatje Cantz 1995.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften/Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (Hrsg.): *Synthetische Biologie – Standpunkte*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2009.

Dolata, Ulrich: »Die Bio-Industrie – Märkte, Unternehmen, politische Alternativen«, in: Michael Emmrich (Hrsg.), *Im Zeitalter der Bio-Macht. 25 Jahre Gentechnik – eine kritische Bilanz*. 2. Aufl., Frankfurt am Main: Mabuse Verlag 1999.

Erlhoff, Michael: *Theorie des Designs*, München: Wilhelm Fink 2013.

Feige, Daniel Martin: *Design. Eine philosophische Analyse*, Berlin: Suhrkamp 2018.

Forum Bio- und Gentechnologie e.V.: »Deutschlands Felder sind >gentechnik-frei«, Fassung vom 2. November 2016, <http://www.transgen.de/anbau/1479.deutschlandfelder-gentechnikfrei.html> [22. Februar 2018].

Geissler, E.: »Militärischer Missbrauch der molekularen Biotechnologie und seine Verhinderung«, in: Peter Brandt (Hrsg.), *Zukunft der Gentechnik*, Basel/Berlin/Boston: Birkhäuser 1997.

- Ginsberg, Alexandra Daisy: *Designing for the Sixth Extinction*, <https://www.daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction> [21. Februar 2018].
- Grefe, Christiane: »Die Natur ist komplex«, -- Im Interview mit Oliver Gehrs. In: Bundeszentrale für politische Bildung (Hrsg.): *fluter - Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung - Herbst 2016/Nr.60*. Berlin: DUMMY Verlag, 2016.
- Hampel, Jürgen: »Die Darstellung der Gentechnik in den Medien«, In: Marc-Denis Weitze/Alfred Pühler et al. (Hrsg.), *Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Analysen, Aktivitäten* (acatech DISKUSSION), Heidelberg u.a.: Springer 2012.
- Kramer, Bernd: »Big Apple«, in: *fluter – Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung*, Herbst 2016/Nr.60, 32.
- Lem, Stanislaw: *Summa technologiae*. 7. Aufl. 2016, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1981.
- Mareis, Claudia: *Design als Wissenskultur. Interferenzen zwischen Design- und Wissensdiskursen seit 1960*, Bielefeld: transcript 2011.
- N.N.: »Wilde Kamele sorgen für Ärger im Outback«, in: *SPIEGEL ONLINE*, Fassung vom 1. April 2009, <https://www.spiegel.de/reise/aktuell/australien-wilde-kamele-sorgen-fuer-aerger-im-outback-a-616741.html> [28. August 2019].
- Poltermann, Andreas: »Wissengesellschaft – eine Idee im Realitätscheck«, Fassung vom 9. September 2013, <http://www.bpb.de/gesellschaft/kultur/zukunft-bildung/146199/wissengesellschaft?p=all> [24. Februar 2018].
- Postman, Neil: »Das Zeitalter des Showbusiness«, in: Claus Pias/Joseph Vogel/Lorenz Engell et al. (Hrsg.), *Kursbuch Medienkultur. Die maßgeblichen Theorien von Brecht bis Baudrillard*. 6. Aufl. 2008, München: DVA 1999.
- Rheinberger, Hans-Jörg/Müller-Wille, Staffan: »Technische Reproduzierbarkeit organischer Natur – aus der Perspektive einer Molekularbiologie«, in: Martin G. Weiß (Hrsg.), *Bios und Zoë – Die menschliche Natur im Zeitalter der technischen Reproduzierbarkeit*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009.
- Schneider, Beat: *Design – Eine Einführung. Entwurf im sozialen, kulturellen und wirtschaftlichen Kontext*, Basel/Boston/Berlin: Birkhäuser 2009.
- Schön, Donald: *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*, New York: Basic Books 1983.
- Schummer, Joachim: *Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor*, 1. Aufl., Berlin: Suhrkamp 2011.
- Sommer, Bernd/Welzer, Harald: *Transformationsdesign. Wege in eine zukunftsfähige Moderne*, München: oekom verlag 2014.
- Wagner, Frank: *The value of design. Wirkung und Wert von Design im 21. Jahrhundert*. Mainz: Hermann Schmidt Verlag 2015.

Welzer, Harald: *Futur Zwei. Die Wiedergewinnung der Zukunft*. In: Ders./S. Ramm-
ler (Hrsg.), *Der FUTURZWEI Zukunftsalmanach 2013*, Frankfurt am Main: S.
Fischer 2012.

Winnacker, Ernst-Ludwig: »Vom Gen zum Genom«, in: Gerhard Gottschalk (Hrsg.),
Das Gen und der Mensch – Ein Blick in die Biowissenschaften, Göttingen: Wallstein
2000.

Wißmann, Constantin: »Ein weites Feld«, in: *fluter* – Magazin der Bundeszentrale
für politische Bildung, Herbst 2016/Nr.60.

Wolf, Miriam: *Ethische Kontroverse – demokratische Mitwirkung. Bio- und Gen-
technologie als Thema der politischen Bildung*. Schwalbach/Ts.: WOCHENSCHAU
Verlag 2009.