

# Künstliches Leben

## Zusammenfassung

Unter dem Begriff „Künstliches Leben“ werden Ansätze in den Biowissenschaften und IKT zusammengefasst, die durch Simulation natürlicher Lebensprozesse zu deren Verständnis beitragen und durch Anwendungen künstliche Formen von Leben zu erschaffen suchen. Während früher mechanische Modelle von Robotern im Mittelpunkt standen, sind es heute auch biologische Prozesse und Computermodelle. Die biologischen Ansätze zur Erschaffung von künstlichem Leben haben eine hohe Dynamik, da sie zurzeit von zwei verschiedenen Richtungen vorangetrieben werden: Während mit der *Synthetischen Biologie* (Synbio) Leben quasi ‚am Reißbrett‘ entworfen wird, um Zellen oder Organismen neu zu konstruieren, gehen Ansätze wie das *Gene Editing* das künstliche Leben von existierenden Organismen aus an, denen neue Eigenschaften implementiert werden sollen. Ziel ist in beiden Ansätzen, Lebensformen zielgerichtet zu entwerfen oder zu transformieren. Vielfältige Anwendungen werden in der weißen, roten und grünen Biotechnologie erwartet.

## Überblick zum Thema

*Synthetische Biologie:* Mit Synbio werden biologische Systeme geschaffen, die in der Natur nicht vorkommen, so dass die interdisziplinären Biowissenschaften Moleküle, Zellen und Organismen entwerfen, die vollständig neue Eigenschaften haben können. Bei Synbio sind komplette synthetische Genome das Ziel, wobei es primär um die Konstruktion von Minimalzellen aus biochemischen Grundkomponenten geht. Zu den möglichen Anwendungen der Synthetischen Biologie gehören neue Chemikalien und Treibstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, wie auch Mikroorganismen zum Detektieren und Sanieren von Schadstoffkontaminationen in der Umwelt (Purnick/Weiss 2009) Während die vollständig neuen Organismen in ihrer mittelfristigen Machbarkeit unklar sind, zeichnet sich auch bei der synthetischen Biologie die Tendenz ab, künstliches Leben durch Veränderung bestehender Organismen zu erzielen. Wenn computerbasierte Designmethoden es ermöglichen, viele „Buchstaben“ eines genetischen Codes in Viren so zu verändern, können z. B. abgeschwächte Viren für sichere und effektive Impfstoffe hergestellt werden.

*Synthetische Biologie*

*Gene Editing:* Mit dem *CRISPR/Cas9-System*<sup>20</sup>, das seit einigen Jahren die Gentechnik von Grund auf verändert, wird es möglich, das Erbgut ge-

*Gene Editing:  
CRISPR/Cas9*

<sup>20</sup>Die englische Abkürzung CRISPR bezeichnet das Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, sich wiederholende DNA-Sequenzen, die im Erbgut vieler Bakterien auftreten und in ihrem Abwehrsystem eine wichtige Rolle spielen. Wenn ein Virus in ein Bakterium eindringt, baut die Zelle Teile der Virus-DNA in ihre CRISPR-Struktur ein und gelangt erneut ein Virus mit dieser DNA in das Bakterium, wird es mit Hilfe der CRISPR-Abschnitte erkannt. Cas9 ist die Abkürzung von CRISPR-associated protein 9. Das Cas9-Enzym dockt an einen erkannten DNA-Abschnitt an und kann so virale DNA zerschneiden.

zielt zu verändern (Doudna/Charpentier 2014). CRISPR wird auch als „Gen-Schere“ bezeichnet, da dieses Verfahren des *Gene Editing* verspricht, beliebige, hochpräzise Änderungen am Genom vornehmen zu können.

Insgesamt ist die Abgrenzung der neuen Methoden und Ansätze zu Konzepten und Methoden der etablierten Gentechnik, Systembiologie, Molekularbiologie und Biotechnologie schwierig und umstritten. Damit ist auch die Einschätzung zukünftiger spezifischer Anwendungspotenziale der Synbio schwierig, denn in den etablierten Zweigen der Biowissenschaften sind ebenfalls eine Vielzahl von Ansätzen bekannt, neue biologische Funktionen in Organismen zu integrieren (z. B. Metabolic-Engineering zur gezielten Optimierung vorhandener Stoffwechselwege).

#### *hohes Potenzial*

Den Ansätzen in Hinblick auf Künstliches Leben wird ein hohes Potenzial zugeschrieben, neue Verfahren in der weißen, roten und grünen Biotechnologie zu ermöglichen, die Systemtransformation hin zu erneuerbaren Rohstoffen zu unterstützen, industrielle Prozesse in Richtung Bioökonomie zu treiben und neue Wege in der Biomedizintechnik anzugehen. Ein Ansatz, der zwischen den völlig neuen Reißbrett-Organismen<sup>21</sup> einerseits und der genetischen Veränderung aus Bestehendem steht, ist das Konzept der BioBricks. Aus diesen standardisierten biologischen Bausteinen sollen maßgeschneiderte Organismen konstruiert werden. Es handelt sich um die Verwendung standardisierter, eine bestimmte Funktion ausübender ‚biologischer Teile‘ (Bio-Parts, Biobricks), die modularisiert und in Kombination funktionieren.

Die über die bisherige Systembiologie, Gen- und Biotechnologiehinausgehenden Potenziale des biologischen Künstlichen Lebens liegen in den nächsten Jahren weniger in fundamental neuen Konzepten, sondern vielmehr in der Kombination und Integration verschiedener, sich rasant entwickelnder technowissenschaftlicher Entwicklungen und in den daraus resultierenden Synergien (vgl. Mackenzie 2010). Technologien zur Synthese und dem Zusammenfügen von Genomteilen, das computergestützte Modellieren von komplexen Funktionen, automatisierte genetische Manipulationsmöglichkeiten und die molekularen Werkzeuge zum einfachen und schnellen Einbringen gezielter Veränderung in Genome (Genome Editing, CRISPR/Cas9) bringen in ihrer Kombination ein hohes Potential an rasanten Veränderungen.

Die Tendenz, synthetische Mikroorganismen über den Begriff des künstlichen Lebens zu einem medialen Thema zu machen, verweist einerseits auf die umfassenden Versprechen, die mit der Technologie verbunden sind, trägt aber auch dazu bei, Synbio mit einem aufgeladenen Deutungsrahmen zu verknüpfen.

---

<sup>21</sup> Wie zum Beispiel der Minimalzelle, siehe Juhas (2016).

## Relevanz des Themas für das Parlament und für Österreich

*Biosafety und Biosecurity:* Fragen der biologischen Sicherheit haben die Entwicklung von Synbio von Beginn an begleitet (ETC Group 2010; Bennett et al. 2009). Toxizität, Ausbreitungsverhalten und Überlebensfähigkeit sind weitgehend unbekannt, sodass die Fragen der *Biosafety* darauf ausgerichtet sind, festzustellen, ob aktuelle und mittelfristige Entwicklungen von den geltenden Regulierungen (für Arzneimittel, Medizinprodukte, Chemikalien, gentechnisch veränderte Organismen) angemessen erfasst sind, oder etablierte Verfahren der Risikoabschätzung und des Risikomanagements einer Anpassung bedürfen. Die Frage der *Biosecurity* bezieht sich auf mögliche illegale Nutzung (Biocrime) oder die Nutzung zu Zwecken des Terrors (Bioterror). Ein aktueller Bedarf zur Überarbeitung der Risikoregulierung lässt sich auf europäischer Ebene zurzeit nicht feststellen.

*Öffentlicher Diskurs:* Die mediale Berichterstattung fokussiert auf spektakuläre Forschungsberichte wie beispielsweise die Erfindung der ‚künstlichen Bakterienzelle Synthia‘ durch das Team von Craig Venter, deren Konsequenzen noch unklar sind. Ob die neuen Biotechnologien, die mit dem künstlichen Leben assoziiert werden, hohe positive Erwartungen oder aber starke Befürchtungen hervorrufen, hängt nicht zuletzt von der Kontextualisierung, ob sie als eigenständige Forschungsansätze zur technologischen Lösung gesellschaftlicher Probleme in der Medizin, in der Transformation von Industrie Richtung Nachhaltigkeit wahrgenommen werden oder aber als Fortführung von umstrittenen Technologien wie GMO.

*Governance von künstlichem Leben:* Insbesondere Synbio ist stark mit früher Begleitforschung verbunden (z. B. Calvert/Martin 2009). Im Zuge einer erhöhten Aufmerksamkeit für Ansätze einer verantwortungsvollen Forschung und Innovation (Responsible Research and Innovation – RRI) ist Synbio ein Paradebeispiel für umfassende Reflexions- und Beteiligungsprozesse in einer frühen Entwicklungsphase. Inwieweit Konzepte wie RRI dafür genutzt werden können, aktuell neue Biotechnologien frühzeitig auf breit gesellschaftliche akzeptierte und gewünschte Innovationspfade zu führen, ist derzeit noch nicht erprobt.

Die aktuellen Ansätze zur Schaffung „künstlichen Lebens“ sind politikfeldübergreifend relevant, da einerseits Innovationspotentiale für die österreichische Industrie vorhanden sind (weiße Biotech), aber zugleich in der Forschungspolitik und in Bezug auf ethische Fragen neue Aspekte relevant werden (z. B. „Designerbabies“, genetisch „neu“ modifizierte Organismen).

*FTI/Förderpolitik:* Bei den Ansätzen zur Schaffung künstlichen Lebens handelt es sich um gesellschaftlich potenziell umstrittene Technologien, die gerade nicht isoliert auf ihre Technologiepotenziale hin untersucht, sondern politikfeldübergreifend daraufhin überprüft werden sollten, welche Problemlösungspotentiale sie im Vergleich zu anderen Ansätzen haben. Eine Beteiligung gesellschaftlicher Akteure außerhalb von Wissenschaft und über die traditionellen Akteure des Innovationssystems hinaus wäre in diesem Fall von hoher Bedeutung: Akteure z. B. aus dem Gesundheitssystem, der Landwirtschaft aber auch der Do-it-yourself-Bewegung wären

*Bio-Sicherheit*

*öffentlicher Diskurs*

*Governance*

*politikfeldübergreifende Relevanz*

*Förderpolitik*

wichtig, um sowohl deren Anforderungen an die Technologie als auch deren Erfahrungshorizont zur Einordnung der Technologien einzubinden.

**Regulierung** *Regulierungsansätze:* Auch wenn in den letzten Jahren auf Europäischer Ebene kein aktuell dringender Handlungsbedarf hinsichtlich bestehender Regulierung festzustellen ist, würde eine Auseinandersetzung mit der Bandbreite möglicher zukünftiger Entwicklungen ermöglichen, die Treiber und die Barrieren in Österreich zu identifizieren. Insbesondere die divergierenden Positionen in Europa zu genetisch modifizierten Organismen machen es zu einem relevanten Thema, da umstritten ist, ob CRISPR/Cas9 vollständig unter die bisherigen Regulierungen fällt.

### Vorschlag weiteres Vorgehen

Die dargestellten Themenkomplexe könnten im Überblick in einer Kurzstudie bearbeitet werden, die den Stand für Europa darstellt. Für eine umfassende Analyse, die die unterschiedlichen wissenschaftlich-technischen Zukunftsoptionen mit einer Analyse der Situation in Österreich verbindet, wäre eine Langstudie sinnvoll. In diesem Rahmen wäre neben der Aufarbeitung der wissenschaftlichen Literatur eine Identifikation der relevanten Stakeholder-Gruppen angemessen, die an der Entwicklung von Zukunftsoptionen beteiligt werden können (z. B. Szenario-Prozess).

### Zentrale weiterführende Quellen

- Bennett, G., Gilman, N., Stavrianakis, A. und Rabinow, P., 2009, From synthetic biology to biohacking: are we prepared?, *Nat Biotechnol* 27(12), 1109-1111.
- Calvert, J. und Martin, P., 2009, The role of social scientists in synthetic biology, *EMBO Rep* 10(3), 201-204; [dx.doi.org/10.1038/embor.2009.15](https://doi.org/10.1038/embor.2009.15).
- Doudna, J. A. und Charpentier, E., 2014, The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9, *Science* 346(6213), 1077.
- ETC Group, 2010, *The New Biomassters: Synthetic Biology and the Next Assault on Biodiversity and Livelihoods*, Montreal: ETC Group; [etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomassters\\_27feb2011.pdf](http://etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomassters_27feb2011.pdf).
- Juhas, M., 2016, On the road to synthetic life: the minimal cell and genome-scale engineering, *Critical Reviews in Biotechnology* 36(3), 416-423; auch veröffentlicht in: *Crit. Rev. Biotechnol.*
- Mackenzie, A., 2010, Design in synthetic biology, *BioSocieties* 5(2), 180-198.
- Pühler, A., Müller-Röber, B. und Weitze, M.-D. (Hg.), 2011, *Synthetische Biologie. Die Geburt einer neuen Technikwissenschaft*, Berlin, Heidelberg: Springer
- Purnick, P. E. M. und Weiss, R., 2009, The second wave of synthetic biology: from modules to systems, *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 10(6), 410-422.
- Sauter, A., Albrecht, S., Doren, D. v., König, H., Reiß, T. und Trojok, R., 2015, *Synthetische Biologie – Die nächste Stufe der Bio- und Gentechnologie:* Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).

(PSR)