



Foresight und Technikfolgenabschätzung: Monitoring von Zukunftsthemen für das Österreichische Parlament

Berichtsversion: November 2017

Foresight und Technikfolgenabschätzung: Monitoring von Zukunftsthemen für das Österreichische Parlament

Berichtsversion: November 2017

Institut für Technikfolgen-Abschätzung [ITA]
der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

AIT Austrian Institute of Technology
Center for Innovation Systems & Policy

AutorInnen: Michael Nentwich [Projektleitung]
Petra Schaper-Rinkel [Projektleitung]
Leo Capari
Niklas Gudowsky
Walter Peissl
Dana Wasserbacher

Studie im Auftrag des Österreichischen Parlaments
Wien, November 2017

IMPRESSUM

Medieninhaber:

Österreichische Akademie der Wissenschaften
Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003)
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber:

Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)
Strohgasse 45/5, A-1030 Wien
www.oeaw.ac.at/ita

AIT Austrian Institute of Technology
Donau-City-Straße 1, A-1220 Wien
www.ait.ac.at

Die ITA-Projektberichte erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung. Die Berichte erscheinen in geringer Auflage im Druck und werden über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt:
epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte

Projektbericht Nr.: ITA-AIT-5
ISSN: 1819-1320
ISSN-online: 1818-6556
epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-5.pdf

© 2017 ITA-AIT – Alle Rechte vorbehalten

Inhalt

Zusammenfassung	5
1 Einleitung: Wozu und wie Monitoring?	7
1.1 Themenidentifikation aus Foresight-Perspektive	8
1.2 Themenidentifikation aus TA-Perspektive.....	9
1.3 Relevanzprüfung und Selektion	10
1.4 Quellen	11
2 Für das Parlament und für Österreich relevante sozio-technische Entwicklungen.....	13
2.1 Zukunftsthemen: Vertiefung.....	14
1. Künstliches Leben.....	15
2. Vertrauenswürdige Blockchains	19
3. Funktionelle Nahrung aus dem Labor	23
4. Virtuelle und augmentierte Realitäten	27
2.2 Zukunftsthemen: Überblick	31
<i>Informationsgesellschaft</i>	31
5. Digitale Erinnerung.....	31
6. Algorithmische Polizeiarbeit	32
7. Sicherheits-Robotik	33
8. Das Netz der bewegten Dinge	33
9. Cybersicherheit für kritische Infrastrukturen.....	34
10. Social (Ro-)Bots: Maschinen als GefährtnInnen?	35
11. Sensorrevolution: Smarte Städte – smarte Menschen?	37
12. Robotik in der Landwirtschaft.....	38
<i>Life Sciences & Bioökonomie</i>	39
13. Fliegende Windenergie	39
14. Personalisierte Genomsequenzierung	40
15. Genome editing (CRISPR/Cas9) in der Pflanzenzucht	41
16. Künstliche Organe – 3D-Biodruck.....	41
17. Treibstoffe aus Sonnenlicht: Künstliche Photosynthese und bionische Blätter	42
18. Wasserstoffspeicher der Zukunft.....	43
19. Chips der Zukunft: Elektronische Haut.....	44
20. Cyborg: Gehirn-Computer-Schnittstellen	45
<i>Prozessinnovationen</i>	46
21. Häuser aus dem 3D-Drucker	46
22. Autonome Mini-Häuser	47
23. Geldlose Tauschsysteme: Zeitbanken	47
24. Bionische Produktion der Zukunft: Selbstformende Objekte durch 4D-Druck	48
25. Quantenbiologie	49
26. Dienstleistung 4.0.....	50
27. Automatisierung in der Rechtsberatung	51
28. Ein sicheres, dezentrales Grundbuch über Blockchain	52
29. Die Zukunft von Industrie 4.0	52
30. Automatisiertes Gesundheitsdaten-Monitoring	53
Literatur	55

Zusammenfassung

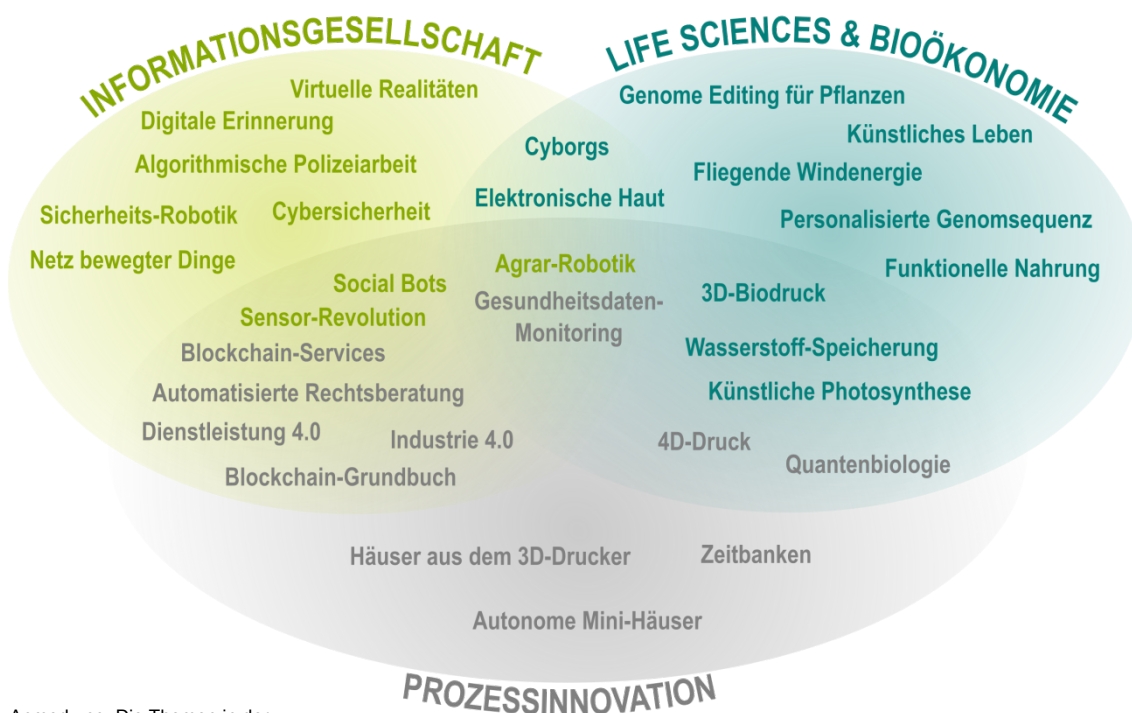
Dies ist der erste von sechs Monitoring-Berichten, die den Abgeordneten im Rahmen des Vertrags „Foresight und Technikfolgenabschätzung für das Österreichische Parlament“ (2017-2020) gelegt werden. Dieses Dokument wird im Laufe der Drei-Jahres-Periode des Rahmenvertrags halbjährlich aktualisiert und ergänzt werden.

*Erster, dynamischer
Monitoring-Bericht*

Ein kontinuierliches Monitoring aktueller oder sich für die Zukunft abzeichnender internationaler wissenschaftlicher und technologischer Entwicklungen im gesellschaftlichen Kontext (sozio-technische Trends) ist die Grundlage, um zentrale Zukunftsthemen für nationalstaatliche Politik zu identifizieren sowie um vertiefende Studien im Bereich Foresight und Technikfolgenabschätzung (TA) zu beauftragen. Die Ergebnisse des Monitorings unterstützen damit nicht nur eine vorausschauende FTI-Politik, sondern dienen mit ihrer TA-Komponente auch der Maximierung positiver und zugleich Minimierung möglicher negativer Technikfolgen. Die Foresight-Komponente setzt auf die Gestaltbarkeit von Innovationen: Werden die Potentiale von Zukunftstechnologien frühzeitig in ihrer Bandbreite analysiert, eröffnen sich Gestaltungsspielräume für nachhaltige Innovationspfade. Während der Foresight-Ansatz relevante Technologien aufgrund ihrer Potentiale zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen identifiziert, orientiert sich die Technikfolgenabschätzung an einem problemorientierten Ansatz, bei dem vor allem technologieinduzierte, potentiell problematische Effekte, die durch die Implementierung entstehen können, im Vordergrund stehen.

*Identifikation zentraler
Zukunftsthemen für die
österreichische Politik*

*Kombination aus
Foresight und
Technikfolgen-
abschätzung*



Anmerkung: Die Themen in der Graphik können angeklickt werden.

*30 sozio-technische
Entwicklungen mit kurz-
und mittelfristigem
Handlungsbedarf*

Der vorliegende Bericht beschreibt insgesamt 30 sozio-technische Entwicklungen, die kurz- und mittelfristig einen Handlungsbedarf aufweisen, für die Arbeit des Parlaments als relevant identifiziert wurden und einen Österreich-Bezug aufweisen. Die identifizierten Themen können drei, teilweise konvergierenden Clustern zugeordnet werden: Life Sciences und Bioökonomie, Informationsgesellschaft sowie Prozessinnovationen.

Vier dieser Themen werden vertieft dargestellt, wobei jeweils Vorschläge für die weitere parlamentarische Bearbeitung (insb. Beauftragung von Studien) gemacht werden.

*davon vier besonders
relevant und aktuell*

1. Künstliches Leben (siehe Seite 15)
2. Vertrauenswürdige Blockchains (siehe Seite 19)
3. Funktionelle Nahrung aus dem Labor (siehe Seite 23)
4. Virtuelle und augmentierte Realitäten (siehe Seite 27)

1 Einleitung: Wozu und wie Monitoring?

Ein kontinuierliches Monitoring aktueller oder sich für die Zukunft abzeichnender internationaler wissenschaftlicher und technologischer Entwicklungen im gesellschaftlichen Kontext (sozio-technische Trends) ist die Grundlage, um zentrale Zukunftsthemen für die österreichische Politik zu identifizieren. In so einem Verfahren werden zudem wichtige wissenschaftlich-technische Treiber für Veränderungen sichtbar (drivers of change), die dem Parlament bei frühzeitiger Berücksichtigung erweiterte Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen. Ein Monitoring ist damit zugleich die Grundlage für vertiefende Studien im Bereich Foresight und Technikfolgenabschätzung (TA). Somit wird es möglich, später aufkommende, spezifische und tagesaktuell drängende Fragen in breiteren Zukunftsthemen zu verorten und die jeweilige Relevanz schneller und vorausschauend zu beurteilen. Die Ergebnisse des Monitorings unterstützen damit nicht nur eine vorausschauende FTI-Politik, sondern dienen mit ihrer TA-Komponente auch der Maximierung positiver und zugleich Minimierung möglicher negativer Technikfolgen und sind damit auch für andere Politikfelder hochrelevant. Die potentiellen Anwendungsfelder von Zukunftstechnologien sind mit hohen Erwartungen und vielfältigen Versprechen verbunden. Während der Umsetzung zeigt sich aber oft, dass mit diesen Erwartungen und Versprechen auch Effekte einhergehen, die zunächst nicht augenscheinlich sind. Die Foresight-Komponente setzt auf die Gestaltbarkeit von Innovationen: Werden die Potentiale von Zukunftstechnologien frühzeitig in ihrer Bandbreite analysiert, eröffnen sich Gestaltungsspielräume für nachhaltige Innovationspfade.

Das zeigt, dass eine verantwortungsvolle und zukunftsorientierte Technikentwicklung insbesondere den Fokus auf zwei Dimensionen legen sollte, die beide mit Foresight und TA bearbeitbar sind:

- zum einen auf die Optionen und die Bedingungen unter denen aus wissenschaftlich-technischen Potentialen tatsächlich wirtschaftlich und gesellschaftlich relevante Innovationen werden;
- zum anderen auf die möglichen Folgen sozio-technischer Entwicklungen in Hinblick auf Gesundheit, Umwelt, Wirtschaft, Recht und Gesellschaft.

Dieser Abschnitt beschreibt einleitend, wie das Monitoring durchgeführt wurde. Die beiden Partner, ITA und AIT, ergänzen sich in Hinblick auf die Identifikation von relevanten Themen und schöpfen dadurch Synergieeffekte aus: Während das AIT auf reichhaltige Erfahrung im Foresight-Bereich zurückgreift, bezieht sich das ITA auf die in der Technikfolgenabschätzung übliche Vorgangsweise.

Der Foresight-Ansatz des AIT identifiziert relevante Technologien aufgrund ihrer Potentiale zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen. Das ITA orientiert sich an einem problemorientierten Ansatz. Hierbei stehen vor allem technologieinduzierte, potentiell problematische Effekte im Vordergrund, die durch die Implementierung entstehen können.

Identifikation zentraler Zukunftsthemen für die österreichische Politik

Unterstützung der FTI-Politik und Umgang mit Technikfolgen

zwei Dimensionen verantwortungsvoller und zukunftsorientierter Technikentwicklung

Kombination von ...

... Foresight und Technikfolgenabschätzung

Zeithorizont: Foresight hat im Hinblick auf sozio-technische Trends in der Regel einen längeren zeitlichen Horizont (ab zehn Jahren) im Blick, wohingegen TA einen kürzeren zeitlichen Horizont aufweist (bis fünf Jahre). Durch die Kombination dieser Ansätze (gestaltungsorientiert, problemorientiert, lang- bzw. kurzfristig) können Technologien identifiziert werden, die kurz- und mittelfristig Handlungsbedarf nach sich ziehen.

1.1 Themenidentifikation aus Foresight-Perspektive

*gesellschaftliche
Herausforderungen im
Fokus*

Um den gesellschaftlichen Herausforderungen der Zukunft gerecht zu werden, bedürfen die Identifikation und die Bewertung von potentiell relevanten Technologien und Anwendungen eines Rahmens, der außerhalb der technologischen Entwicklungen liegt. Zusätzlich zu den etablierten Maßstäben von wirtschaftlichem Wachstum und internationaler Wettbewerbsfähigkeit werden gesellschaftliche Herausforderungen berücksichtigt: die Bedeutung von Zukunftstechnologien für Herausforderungen für die Bearbeitung von Klimawandel, Energieversorgung und demografischen Wandel¹ oder auch – sehr aktuell – die Bedeutung dieser Technologien zur Bearbeitung der international vereinbarten Nachhaltigkeitsziele (SDGs)².

Für die folgenden Themen wurden aktuelle technologische Entwicklungen und aktuelle Herausforderungen in eine Matrix zusammengefügt, die einerseits Technologien und andererseits Themenfelder aktueller gesellschaftlicher Herausforderungen abbildet. Um die technologischen Entwicklungen adäquat strukturieren und klassifizieren zu können, verwenden wir die OECD-Systematik der Felder von Wissenschaft und Technologie³. Diese ermöglichen es, neue wissenschaftlich-technische Entwicklungen entsprechend zu kontextualisieren. Bei emergierenden Technologien kommt es dabei zu Mehrfachzuordnungen, da neue Technologien sowohl in der Forschung selbst eine hohe Anwendung haben, als auch in angewandten Bereichen (z. B. Gene Editing/CRISPR/Cas9 in Biologie, in der Umweltbiotechnologie, in den Gesundheitswissenschaften).

*Neue wissenschaftlich-
technische
Entwicklungen und
ihre möglichen
Anwendungsfelder*

Neue wissenschaftlich-technische Entwicklungen werden damit in Relation zu möglichen Anwendungsfeldern gesetzt. Als Heuristik zu Strukturierung relevanter Felder wurden die globalen Nachhaltigkeitsziele (SDGs) gewählt, da sie umfassender und genauer als die üblichen großen gesellschaftlichen Herausforderungen wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedarfe repräsentieren. Damit wird sichtbar, welche Technologien eine po-

¹ So bot die Lund Deklaration Lund Declaration (2009) die Grundlage für die Challenge-Orientierung des Europäischen Forschungsrahmenprogramms Horizon 2020.

² United Nations (2015); www.un.org/depts/german/gv-70/a70-l1.pdf (zuletzt aufgerufen am 27.10.2017, so wie alle weiteren in diesem Bericht zitierten URLs).

³ Die Fields of Science and Technology (FOS) ist eine von der OECD festgesetzte Systematik von Wissenschaftszweigen.

tentiell hohe Bedeutung für unterschiedliche Ziele wie nachhaltiges Wirtschaftswachstum, nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster, Schutz von Ökosystemen, inklusive Institutionen, Ernährungssicherheit, Gesundheit, Bildung, Energie etc. haben.

1.2 Themenidentifikation aus TA-Perspektive

Aus Perspektive der Technikfolgenabschätzung erscheint es besonders relevant, jene Themen zu identifizieren, die kurz- bis mittelfristig politischen Handlungsbedarf nach sich ziehen könnten. Das betrifft insbesondere sozio-technische Entwicklungen, die möglicherweise problematische Auswirkungen auf Gesundheit, Umwelt, Wirtschaft, Recht oder Gesellschaft haben könnten, aber auch solche, deren Förderung zu frühzeitigen, positiven gesellschaftlichen Effekten führen können.

*kurz- bis mittelfristiger
politischer
Handlungsbedarf
im Fokus*

Um solche Themen zu finden, führte das ITA-Team eine komprimierte Variante seines laufenden [meTAScan]-Verfahrens durch. Dabei handelt es sich um eine informierte Auswahl aus spezifischen Sekundärquellen, die wichtige zukünftige Entwicklungen beschreiben (siehe Abschnitt 1.4). Im ersten Schritt wird eine Primärdatenbank sozio-technischer Entwicklungen erstellt. Bei dieser Quellenauswertung handelt es sich um einen laufenden und dynamischen Prozess, d. h. es wird in regelmäßigen Abständen nach neuen Quellen recherchiert, die dann in die Primärdatenbank der sozio-technischen Entwicklungen eingepflegt werden. Dies ist notwendig, um mit der hohen Dynamik der Technologieentwicklung mithalten zu können.

*Auswertung von
Studien zu zukünftigen
sozio-technischen
Entwicklungen*

Auf diese Weise wurden für den vorliegenden Bericht mehr als 200 aktuelle sozio-technische Entwicklungen gefunden. Anschließend wurden diese in einem Bottom-up-Prozess 25 Clustern zugeordnet⁴. Danach wurden jene Entwicklungen ausgeschieden, die aus ExpertInnen-Sicht bereits ausreichend abgehandelt sind, eher Science-Fiction-Charakter haben bzw. auf den ersten Blick für Österreich irrelevant scheinen.

Im nächsten Schritt wurden alle Einträge der aktualisierten und geclusterten Primärdatenbank sozio-technischer Entwicklungen parallel durch die beteiligten TA-ExpertInnen entsprechend den Kriterien für Relevanz aus TA-Perspektive eingeschätzt. Diese EHS⁵- und ELSI⁶-Kriterien können in folgenden Fragen beschrieben werden:

*Relevanzprüfung nach
TA-Kriterien: EHS & ELSI*

⁴ Bergbau; Big Data; Bildung; Computertechnologie; Crowdsourcing; Digitale Wirtschaft; Energie; Genomics; Gesundheitstechnologien; Industrielle Produktion; Informations- und Kommunikationstechnologien; Internet der Dinge; Klimatechnologie; Künstliche Intelligenz; Landwirtschaft; Mensch-Maschine-Schnittstellen-Technologie; Messen und Visualisierung; Mobilität; Nachahmung der Natur und Cyborgs; Neue Arbeit; Neue Werkstoffe; Neurotechnologien; Robotik; Synthetische Biologie; Überwachung.

⁵ EHS steht für „Environmental, Health and Safety“, also Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsaspekte.

Gibt es Hinweise auf mögliche

- i. Gesundheits- oder Umweltwirkungen;
- ii. ethische Implikationen;
- iii. bevorstehende politische oder schleichende gesellschaftliche Debatten; oder
- iv. gesellschaftliche oder kulturelle Auswirkungen?

1.3 Relevanzprüfung und Selektion

Die kritische Reflexion der gefundenen sozio-technischen Entwicklungen unter Zuhilfenahme der Fragen i-iv ermöglicht die Identifikation wesentlicher Relevanzaspekte. Die wichtigsten Aspekte wurden dokumentiert, wobei auch die Österreich- und Parlamentsrelevanz angesprochen wurden. Unterschiedliche Einschätzungen durch die beteiligten ExpertInnen wurden ausdiskutiert. Jene Entwicklungen, die übereinstimmend von den beteiligten TA- und Foresight-ExpertInnen als potenziell relevante und drängende Themen eingestuft wurden, bildeten das Zwischenergebnis.

*Auswahl durch Gruppe
von TA- und Foresight-
ExpertInnen ...*

In einem gemeinsamen Workshop erfolgte im nächsten Schritt die Zusammenführung der aus den beiden Perspektiven als wichtig erkannten sozio-technischen Entwicklungen. In der folgenden ExpertInnen-Diskussion erfolgte eine Prüfung und Reihung der Entwicklungen auf parlamentarische und auf Österreich-Relevanz. Hier wurden einerseits Potentiale identifiziert, die einen Beitrag zur Bewältigung der Grand Challenges bzw. zur Erreichung der UN-Ziele einer Nachhaltigen Entwicklung beitragen können, und andererseits überprüft, wie eng der Bezug zu Österreich/zum Parlament sein kann. Es wurden folgende Fragen für potentielle Themen diskursiv beantwortet:

*... anhand
folgender Fragen*

- Besteht hier ein Innovationspotential in Österreich, welches über geeignete Maßnahmen ausgeschöpft werden kann?
- Sind gewisse Bereiche der sozio-technischen Entwicklung abzusehen in denen in nächster Zeit politische Handlungen gesetzt werden könnten/sollten?⁷
- Das Ergebnis dieses Prozesses, d. h. die Auswahl von insgesamt 30 derzeit besonders relevanten und aktuellen sozio-technischen Entwicklungen ist in Kapitel 2 dokumentiert. Dabei werden die oben gestellten Fragen pro Thema überblicksartig beantwortet.

⁶ ELSI steht für „Ethical, Legal and Societal Implications“, also ethische, rechtliche und gesellschaftliche Wirkungen.

⁷ Zusätzlich wird ab dem nächsten Bericht folgende Frage gestellt: „Passen bestimmte Entwicklungen in soeben anstehende Agenden der parlamentarischen Ausschüsse aufgrund von Themenübereinstimmung?“ Aufgrund der Neukonstituierung des Nationalrats im November 2017 kann diese Frage aktuell nicht beantwortet werden.

1.4 Quellen

Als Quellen dienten für diesen ersten Bericht folgende Sekundärquellen und Datenbanken:

- 100 Opportunities for Finland and the World (2014)
- Forschungs- und Technologieperspektiven 2030 – Ergebnisband 2 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II
- Metascan 3 – Emerging Technologies
- World Economic Forum, The Global Risks Report 2016
- Studien und Publikationen des TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
- OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016
- Studien und Publikationen des Europäischen Parlaments/Science and Technology Options Assessment
- Studien des POST – Parliamentary Office of Science and Technology
- ITA-Dossiers und -Berichte
- AIT – Foresight Datenbank Studien
- World Economic Forum-Top 10 Emerging Technologies 2016
- Cranfield Futures (Horizon scans)⁸
- Millenium Project: 2015-16 State of the Future
- Key Enabling Technologies (KETs) Observatory
- Governmental Accountability Office (GAO) – Data and Analytics Innovation
- Foresight Functional Materials Taskforce – Functional Materials Future Directions
- Teknologiradet Policy Brief – Mobile Self Tests
- World Technology Evaluation Center – Report: Applications: Nanodevices, Nanoelectronics, and Nanosensors
- U.S. Department of Health and Human Services: 2020 A New Vision – A Future for Regenerative Medicine
- Forbes Magazine: Gartner: Top 10 Strategic Technology Trends For 2017
- Global Change Blog (Futurist Blog)

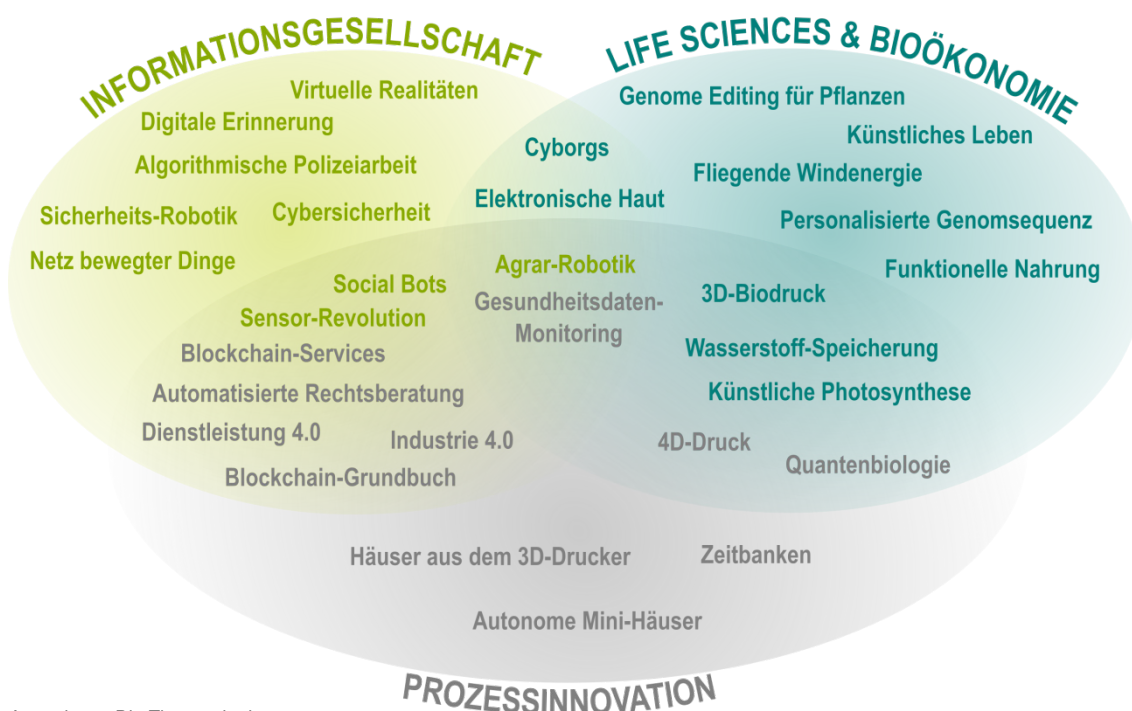
⁸ web.archive.org/web/20160914115240/http://www.cranfieldfutures.com/horizon-scanning-database/.

2 Für das Parlament und für Österreich relevante sozio-technische Entwicklungen

Die folgenden sozio-technischen Entwicklungen wurden als besonders relevante und aktuelle Themen für das Parlament und für Österreich identifiziert. Die Auswahl zeigt ein breites Spektrum an Themen mit weitreichenden sozialen, ökonomischen, politischen und ökologischen Auswirkungen. Diese lassen sich zugleich drei thematischen Clustern zuordnen:

- Im Themencluster **Informationsgesellschaft** sind insbesondere Themen fortgeschrittener Digitalisierung zu finden, wie z. B. Robotik, Algorithmen und Künstliche Intelligenz aber auch die nächste Stufe des Internets der Dinge, das Netz der bewegten Dinge.
- Der Themencluster **Life Sciences und Bioökonomie** umfasst sowohl neuartige Anwendungen im Bereich der Genetik (wie Genome Editing, Verfahren des künstlichen Lebens und personalisierte Genomsequenz) als auch neue Möglichkeiten, Windenergie zu nutzen sowie Ansätze funktioneller Nahrung.
- Als Cluster **Prozessinnovationen** wurden sozio-technische Entwicklungen gefasst, die primär auf neue Verfahrensweisen gerichtet sind. Dazu gehören sowohl die Möglichkeit, Häuser durch 3-Druck aufzubauen, autonome Mini-Häuser, die ohne Anbindung an Infrastrukturen funktionieren, als auch neue gesellschaftliche Tauschsysteme wie Zeitbanken, die Geld durch Zeit als Tauscheinheit ersetzen.

drei thematische Cluster



Anmerkung: Die Themen in der Graphik können angeklickt werden.

*sozio-technische
Entwicklungen an den
Schnittstellen
verschiedener Cluster*

Neue sozio-technische Entwicklungen entstehen heute vielfach an den Schnittstellen verschiedener Cluster: So sind Blockchain-Dienste wie z. B. ein Blockchain-Grundbuch Prozessinnovationen, die auf Technologien der Informationsgesellschaft beruhen; Cyborgs entstünden aus der Verbindung von Life Sciences und Technologien der Informationsgesellschaft; 3-D Bioprint nutzt Life Sciences für Prozessinnovationen und die Agrar-Robotik entwickelt sich im Zusammenspiel von Life Science und Informationsgesellschaft als potentiell weitreichende Prozessinnovation.

In all diesen Bereichen hat Österreich Kompetenzen vorzuweisen, die aus Sicht der Forschungs-, Innovations- und Technologiepolitik wirtschaftliche Entwicklungspotentiale darstellen. Zugleich zeigen diese sozio-technischen Entwicklungen neuen parlamentarischen Handlungsbedarf als auch parlamentarische Gestaltungsspielräume – jeweils in einem breiteren gesamtgesellschaftlichen Kontext (z. B. Konsumentenschutz).

*30 Themen, davon
vier vertieft dargestellt*

Im Folgenden werden die 30 identifizierten sozio-technische Entwicklungen dargestellt. Am Anfang stehen dabei vier dieser Themen, die vertieft dargestellt sind und durch Vorschläge für die weitere parlamentarische Bearbeitung ergänzt wurden.

2.1 Zukunftsthemen: Vertiefung

Die folgenden vier sozio-technischen Entwicklungen wurden als besonders relevant und aktuell eingestuft und daher vertieft dargestellt:

1. Künstliches Leben
2. Vertrauenswürdige Blockchains
3. Funktionelle Nahrung aus dem Labor
4. Virtuelle und augmentierte Realitäten

1. 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*⁹, das seit einigen Jahren die Gentechnik von Grund auf verändert, wird es möglich, das Erbgut gezielt zu verändern (Doudna/Charpentier 2014). CRISPR wird auch als „Gen-

*Gene Editing:
CRISPR/Cas9*

⁹ 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.

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-Organismen¹⁰ 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‘ (BioParts, Biobricks), die modularisiert und in Kombination funktionieren.

Die über die bisherige Systembiologie, Gen- und Biotechnologie hinausgehenden 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 molekulare 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.

¹⁰ Wie zum Beispiel der Minimalzelle, siehe Juhas (2016).

Relevanz des Themas für das Parlament und für Österreich

Bio-Sicherheit (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.

Bio-Sicherheit

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.

öffentlicher Diskurs

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.

Governance

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).

politikfeldübergreifende Relevanz

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 Gesundheits-

Förderpolitik

system, der Landwirtschaft aber auch der Do-it-yourself-Bewegung wären 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

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) (Sauter et al. 2015)

Pühler, A., Müller-Röber, B. und Weitze, M.-D. (Hg.), 2011, *Synthetische Biologie. Die Geburt einer neuen Technikwissenschaft*, Berlin, Heidelberg: Springer (Pühler et al. 2011)

2. Vertrauenswürdige Blockchains

Zusammenfassung

Eine Blockchain ist eine dezentral organisierte Datenbank, die es ermöglicht, Transaktionen zwischen Akteuren – Privatpersonen, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen – dezentral zu dokumentieren, digital abzubilden und zu authentifizieren. Die Technologie gewährleistet, dass die Interaktionen genauso wie dokumentiert stattgefunden haben und stellt sicher, dass die Dokumentation nicht verändert werden kann. Neben den bekanntesten Anwendungen, den Kryptowährungen wie Bitcoin, werden Blockchains (auch: distributed ledger technology) zurzeit für weitere Anwendungen in Wirtschaft und Staat entwickelt: Für Eigentumsurkunden, Verträge, Versicherungen, Lizenzen etc. Blockchains haben das Potential, monopolistische Geschäftsmodelle wie Airbnb, ebay und Uber zu überwinden und AnbieterInnen und KundInnen direkt zu verbinden. Allerdings: Wenn Blockchain als Technologie allgegenwärtig werden würde, so würde damit der Lebensalltag aller BürgerInnen umfassend abgebildet und für andere im Zeitverlauf eindeutig nachvollziehbar sein. Eine personen-basierte Blockchain würde bedeuten, dass alle Handlungen im biographischen Verlauf gespeichert werden. Das Missbrauch-Potential ist damit enorm, aber bisher nicht thematisiert.

Überblick zum Thema

Die bekannteste Anwendung eines Blockchain-Algorithmus ist die Kryptowährung Bitcoin im Finanzbereich. Eine Blockchain ist eine kryptografisch verbundene Kette von Blöcken. Diese Blöcke werden in einem bestimmten Zeitintervall erstellt, enthalten Transaktionen, die die TeilnehmerInnen des Systems als ausgeführt akzeptieren, sodass z. B. ein Block bei Erhalt als akzeptiert gilt und damit die zugrundeliegende Transaktion zu einem Bestandteil des Systems wird. Da alle TeilnehmerInnen eine Kopie davon besitzen, und die vorangegangenen Datensätze mit den nachfolgenden gekoppelt und gespeichert sind, gelten die Abfolge und die einzelnen Transaktionen als gesichert gegen nachträgliche Manipulation. Das Versprechen lautet, dass die Technik Vertrauen automatisieren kann und damit Instanzen überflüssig macht, die Vertrauen schaffen und dadurch Kosten verursachen. Das Disruptionspotenzial der Blockchain ergibt sich aus dem Charakter einer Peer-to-Peer-Infrastruktur, die Transaktionen ohne Intermediäre ermöglicht. Da Intermediäre im Finanzbereich eine größere Rolle als in anderen Wirtschaftsbereichen spielen, wird die Technologie in diesem Bereich am stärksten diskutiert.

Die Funktionalität von Blockchains lässt sich erweitern. Eine der vielversprechendsten Erweiterungen sind *Smart Contracts*. Diese intelligenten Verträge sind kleine Programme, die beim Zusammentreffen von bestimmten Bedingungen automatisch ausgeführt werden. Da diese Smart Contracts beliebig kompliziert sein können, die Komplexität von etablierten Verträgen damit abbilden können, gelten sie als Mittel, klassische Verträge

Smart Contracts

zu ersetzen. Der Ersatz besteht in der Plattform und der Automatisierung, da die Verträge eine neue Form (digital) und einen neue Funktionsweise erhalten. Doch die Sicherheit des Systems steht zur Diskussion: Der Slogan der Entwicklercommunity von Blockchains heißt: *Code is Law* und genau diese Absolutheit, dass Smart Contracts immer exakt so ausgeführt werden, wie sie geschrieben sind, hat auch bereits zu ersten Sicherheitsbedenken geführt. Denn wenn HackerInnen sich einen „Fehler“ im Smart Contract zunutze machen, könnten sie das System knacken – wobei die Rechtslage komplex ist, da das nicht-intendierte Handeln der HackerInnen gerade Teil des Codes ist, dem alle NutzerInnen zugestimmt haben. In der Startup-Szene, in der viele Blockchain-Anwendungen entwickelt werden, wird das Scheitern nicht als Problem gesehen, vielmehr ist das „fail fast“ ein integraler Bestandteil der Innovationskultur.¹¹ Für Anwendungen im öffentlichen Bereich ist dagegen eine Blockchain-Innovationsdynamik notwendig, die die möglichen Folgen umfassend antizipiert, um gerade vertrauenswürdige Anwendungen zu generieren.

*Anwendungen,
die in Europa
thematisiert werden*

Auf europäischer Ebene werden vielfältige Blockchain-Anwendungen thematisiert (vgl. Boucher et al. 2017): Neben Währungen ist die Technologie interessant für die Verwaltung von digitalen Inhalten, da sich ein entsprechendes Rechte-Management in Blockchain integrieren ließe. Im Bereich von Patenten könnte es möglich werden, über Blockchain Rechte zu verwalten. Im E-Voting sind Blockchain-unterstützte Systeme mit der Erwartung verknüpft, Mechanismen der direkten Demokratie zu vereinfachen. Blockchain-basierte Dienstleistungen im E-Government und bei der elektronischen Stimmabgabe sollen zu einer transparenteren, dezentralisierten Demokratie beitragen können.¹² Auch die britische Regierung interessiert sich für die Blockchain-Technologie in umfassendem Maße und sieht über Grundbücher hinaus Anwendung im Bereich Steuererhebung, Auszahlung von Leistungen oder auch die Sicherheit von Infrastrukturen wie Straßen und Brücken, wenn diese von Sensoren überwacht werden (Walport/Government Office for Science 2016).

Den vielfältigen Bottom-up-Prozessen der Entwicklung und Erprobung von Blockchains steht noch kein Rahmen gegenüber, der aus einer längerfristigen Zukunftsperspektive heraus und über die verschiedenen Anwendungen hinaus Design-Prinzipien zur Verfügung stellt, die es den unterschiedlichen Akteuren ermöglichen würden, den verschiedenen Anforderungen über die eigene Anwendung hinaus gerecht zu werden¹³. Dies ist jedoch essentiell, um das Potenzial der Blockchain, institutionelles Vertrauen aufzubauen, auszuschöpfen.

¹¹ [deutschlandfunk.de/die-welt-veraendern-visionen-und-wahrheiten-aus-der-740.de.html?dram:article_id=378079](https://www.deutschlandfunk.de/die-welt-veraendern-visionen-und-wahrheiten-aus-der-740.de.html?dram:article_id=378079).

¹² [aeon.co/essays/how-blockchain-will-revolutionise-far-more-than-money](https://www.aeon.co/essays/how-blockchain-will-revolutionise-far-more-than-money).

¹³ Wie z. B. den Schutz persönlicher Daten, vgl. Zyskind, et al. (2015).

Relevanz des Themas für das Parlament und für Österreich

In ökonomischer Hinsicht ist die zukünftige wirtschaftliche Bedeutung des Blockchain-Sektors unklar, aber auch mögliche Nutzungsbedingungen (Nutzung der Währungen, Akzeptanz und rechtlicher Rahmen; Privatsphäre).

Wirtschaft

Blockchain-Währungen: Es besteht hohe Unsicherheit im Hinblick auf die Zukunft des Bankensektors, international und in Österreich und im Hinblick auf den KonsumentInnen-Schutz im internationalen Feld.

Währungen

Nutzen: Es gibt offene Fragen, wer zukünftig unter welchen Bedingungen von dieser Technologie profitieren kann und wie sie die Gesellschaft verändern kann.

Nutzen

Sicherheit von Blockchain-Anwendungen: Wie unangreifbar sind Blockchains, welche Hacking-Risiken sind abzusehen und wie kann mit ihnen umgegangen werden kann?

Sicherheit

Ökologie & Energie: Auf umweltpolitischer Ebene stellt sich die Frage des Energieverbrauchs beim Mining und welche Lösungsansätze hinsichtlich Energiefragen zu verzeichnen sind

Umweltpolitik

Die Blockchain-Technologie bietet umfassende Anwendungsmöglichkeiten in Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung und hat damit eine politikfeldübergreifende Relevanz.

Blockchains können *disruptive Auswirkungen auf das Rechtssystem* haben und bedürfen daher einer antizipierenden Politik. Aktuelles Beispiel sind Smart Contracts: Wenn durch ProgrammiererInnen Vereinbarungen in ausführbaren Code übersetzt werden, treffen diese Entscheidungen darüber, wie diese Verträge in der Praxis umgesetzt werden, hätten eine höhere rechtliche Verantwortlichkeit und sind zugleich nicht entsprechend ausgebildet. Die Beurteilung von Vertragsstreitigkeiten und die Durchsetzung von Vertragsklauseln werden Herausforderungen darstellen, wenn sich Blockchains wie erwartet entwickeln.

rechtliche Fragen

Die Kompatibilität der Blockchain-Technologie zum politischen Modell Österreichs und die Frage, welche Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung mit der Technologie entwickelt werden könnten, ist eine politikfeldübergreifende Frage.

Um einen zukunftsorientierten Rahmen für Blockchain-Technologie zu entwickeln ist zurzeit ein optimales Zeitfenster in Österreich vorhanden. Es gibt bereits eine Blockchain-Strategie¹⁴ und ein Blockchain-Förderprogramm¹⁵ und somit die kritische Masse an Kompetenz und Bottom-up-Entwicklungen, die für die Entwicklung eines innovations- und zukunftsorientierten Rahmens notwendig sind. Daraus ergäbe sich eine hohe Wirksamkeit von übergreifenden Maßnahmen.

optimales Zeitfenster

¹⁴ blockchain-austria.gv.at/unser-9-punkte-plan/#c2.

¹⁵ ffg.at/programme/smart-and-digital-services.

Vorschlag weiteres Vorgehen

Im Rahmen einer Langstudie würde zunächst ein systematischer Überblick zu den aktuellen Anwendungsgebieten und technologischen Herausforderungen der Blockchain-Technologie erstellt werden. Dabei würden neben technischen Entwicklungen auch die bereits wissenschaftlich ausgewerteten Erfahrungen von Anwendungen in verschiedenen Ländern und in unterschiedlichen Branchen auf die Situation in Österreich bezogen werden. In einem weiteren Schritt würden österreichische Stakeholder aus verschiedenen Branchen, aus Verwaltung, Blockchain-AnwenderInnen und -EntwicklerInnen etc. identifiziert werden. Ziel wäre es, einen Rahmen zu entwickeln, der das in Österreich bestehende Innovationspotential umfassend und zukunftsorientiert nutzbar macht. Die aktuelle Situation verweist auf ein bereits bestehendes Know-How unterschiedlicher Akteure und bietet noch einen hohen Gestaltungsspielraum hinsichtlich der Innovationspfade von zukünftigen Blockchain-Anwendungen. Die Studie würde den möglichen Handlungsbedarf identifizieren und die Anforderungen definieren, die für die langfristige Nutzung der Blockchain-Technologie in der österreichischen Wirtschaft und Verwaltung zentral sind.

Zentrale weiterführende Quellen:

Boucher, P., Nascimento, S. und Kritikos, M., 2017, *How blockchain technology could change our lives*, im Auftrag von: Scientific Foresight Unit (STOA), European Parliament (Boucher et al. 2017)

Tapscott, D. und Tapscott, A., 2017, *Realizing the Potential of Blockchain. A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies*, Geneva: World Economic Forum (Tapscott/Tapscott 2017)

3. Funktionelle Nahrung aus dem Labor

Zusammenfassung

Nahrungsmittel aus dem Labor bedienen verschiedene Ansprüche: So soll etwa Fleisch ohne Tiere wachsen, um die Fleischnachfrage umweltschonender zu befriedigen; Lebensmittel sollen mit genau dem Nährwert oder Arzneimittelgehalt produziert werden, der individuell gewünscht oder sogar auf Basis einer Genomanalyse empfohlen wurde. Gesundheitsfördernde, vorbeugende Wirkungen stehen dabei im Vordergrund, aber auch die gezielte Bekämpfung von Krankheiten ist denkbar. Visionen gehen bis zum 3-D-Druck individualisierter Lebensmittel dort, wo sie verzehrt werden. Die Wirkung solcher angereicherten Nahrung bleibt allerdings teils ungewiss und auch schädliche Auswirkungen sind bei Einführung neuer, der menschlichen Verdauung unbekannter Substanzen denkbar. Funktionelle Lebensmittel sind ein stetig wachsender Markt; derzeit werben viele Lebensmittelhersteller mit gesundheitsfördernder Wirkung, auch wenn von Seiten der EU bereits 2006 regulierend eingegriffen wurde. So vielversprechend Innovationen im Nahrungsmittelbereich auch scheinen, stehen sie doch auch im Gegensatz zur zunehmenden Wertschätzung natürlicher Lebensmittel und deren gesundheitsfördernder Wirkung, die auf langer Erfahrung und Ernährungsgewohnheiten beruhen. Unbeachtet ist derzeit welche langfristigen Auswirkungen diese Entwicklungen auf Landwirtschaft und Ernährung sowie das Verhältnis von Mensch und Tier haben können.

Überblick zum Thema

Fortschritte in der Biotechnologie ermöglichen es, biologische Systeme, wie z. B. Bakterien, Tier- oder Pflanzenzellen so zu kultivieren, dass sie kommerziell wichtige organische Materialien und Moleküle herstellen. Diese kommen in der Arzneimittel-, Lebensmittel- und Getränkeindustrie sowie bei industriellen Anwendungen bereits zum Einsatz. Die Zellen wachsen dabei meist in Bioreaktoren – großen mit einer Nährlösung gefüllten Glas- oder Plastikbehältern – und können sowohl natürlichen Ursprungs sein als auch gentechnisch verändert oder synthetisch hergestellt sein. Konkrete Anwendungen sind zum Beispiel Laborfleisch oder auch Algen, die als Nahrungsergänzungsmittel kultiviert werden und eine ortsunabhängige Produktion ermöglichen. Zusätzlich können beliebige Inhaltsstoffe zugefügt oder angereichert werden. Auch herkömmlich wachsende Pflanzen werden gentechnisch verändert, um so eine Anreicherung von einer bereits vorhandenen oder auch komplett neuen Substanz zu erreichen. Solche sogenannten funktionellen Lebensmittel versprechen eine gesundheitsfördernde Wirkung. Insgesamt soll es so möglich werden, Nahrungsmittel auf individuelle Bedürfnisse besser zuzuschneiden.

*Vision individualisierte
Lebensmittel aus dem
3D-Drucker*

Eine Vision sind beispielsweise individualisierte Lebensmittel aus dem 3D-Drucker, angepasst auf Ernährungsbedürfnisse, die sich aus dem eigenen DNA-Profil ergeben. Neben Nährstoffen könnten auch Arzneimittel in der gewünschten individuellen Dosis beigefügt werden, was Anwendungen in Pflege, Betreuung und Gerontologie möglich machen würde, aber auch Gefahrenpotentiale birgt (unsichtbare Arzneimittel z. B. als mögliche freiheitsbeschränkende Ruhigstellung).

Japan war 1991 das erste Land, das eine eigene Regulierung zur Anerkennung von funktionellen Lebensmitteln verabschiedete, genannt FOSHU – Foods of specified health use – und eine Kennzeichnung einführte. Hier wird klar definiert, was ein Lebensmittel zu einem funktionellen macht. Bisher finden sich mehr als 1.200 Produkte auf der Liste, darunter neben Knoblauch auch eine mit Ballaststoffen angereicherte Cola-Variante. 2015 wurde es Firmen gesetzlich ermöglicht, auf Basis eigener Evidenz mit gesundheitsfördernder (funktioneller) Wirkung zu werben¹⁶. Beim ursprünglichen FOSHU-Gesetz waren noch klinische Studien nötig und die gesundheitsfördernde Wirkung auf 14 Teilgebiete begrenzt. Der Markt wächst rasant, KonsumentInnenenschutz scheint in Japan eine untergeordnete Rolle zu spielen. In der EU müssen hingegen gesundheitsbezogene Aussagen seit 2006 in einer zentralen Datenbank registriert werden und werden nur erlaubt, wenn wissenschaftliche Evidenz zugrunde liegt¹⁷. So vielversprechend Innovationen im Nahrungsmittelbereich auch scheinen, stehen sie doch auch im Gegensatz zur Debatte um natürliche Lebensmittel und deren gesundheitsfördernde Wirkung (Ozen et al. 2012), die auf langer Erfahrung und Ernährungsgewohnheiten beruhen.

Laborfleisch

Am medienwirksamsten wird derzeit Laborfleisch diskutiert, das vor allem als Alternative zur herkömmlichen Fleischproduktion gesehen wird. Die Nachfrage nach Fleisch steigt weltweit und die Produktion von Fleisch verbraucht ein Vielfaches an Ressourcen wie Land, Wasser und Energie, die für die Erzeugung pflanzliche Nahrung benötigt werden. Die Futterpflanzenproduktion nimmt dabei einen immer größeren Teil der begrenzten Ackerfläche ein. Studien zeigen, dass die derzeitige Nachfrage nach Fleisch nicht nachhaltig bedient werden kann (Böhm 2016). Massentierhaltung hat eklatante negative Auswirkungen auf die Umwelt, wie der beschriebene Ressourcenverbrauch oder Überdüngung der Böden mit Abfallprodukten und die damit einhergehende hohe Phosphatbelastung des Grundwassers. Zusätzlich zieht der hohe Einsatz von Antibiotika in der derzeitigen industriellen Fleischproduktion auch erhebliche Gefahren für menschliche Gesundheit nach sich, etwa die starke Vermehrung antibiotikaresistenter Keime.

Vor diesem Hintergrund arbeiten einige ForscherInnen und Unternehmen daran, Fleisch künstlich im Labor zu produzieren und so die Massentierhaltung von Rindern, Schweinen und anderen Nutztieren zumindest teilweise zu ersetzen. Dabei wachsen tierische Muskelstammzellen in einem Nähr-

¹⁶ caa.go.jp/en/.

¹⁷ ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims_en.

medium in einem Bioreaktor. 2013 stellten ForscherInnen der Universität Maastricht den ersten auf diesem Weg erzeugten Burger vor. Das US-Unternehmen Memphis Meats erzeugt bereits künstliche Fleischbällchen und Geflügel¹⁸ und wird nach eigenen Angaben in fünf Jahren Marktreife erlangen. Ein israelisches Startup arbeitet an künstlichem Hühnerfleisch¹⁹.

Theoretisch kann Zellkultivierung im Vergleich zu Nutztierhaltung effizienter Protein produzieren und Nährwerte können nach Belieben eingestellt werden. Derzeit sind aber noch Herausforderungen im Herstellungsprozess, bei Textur und Geschmack zu lösen, beispielsweise wird als Nährmedium oft fetales Blutserum von geschlachteten Kälbern verwendet, auch wenn einige Unternehmen angeben, bereits nicht-tierische Alternativen gefunden zu haben. Insgesamt konnte bisher gezeigt werden, dass zwar weniger Land und Wasser für die Herstellung von Laborfleisch verbraucht wird, der Energiebedarf aber höher ist. Weitgehend unbeachtet ist bisher, wie KonsumentInnen auf Laborfleisch reagieren könnten und welche langfristigen Auswirkungen es auf Landwirtschaft und Ernährung sowie auf das Verhältnis von Mensch und Tier haben kann (Böhm 2016).

Relevanz des Themas für das Parlament und für Österreich

Funktionelle Lebensmittel sind ein wachsender Markt und biotechnologische Innovationen machen ständig neue Produkte möglich; mit einer gesundheitsfördernden oder krankheitsbekämpfenden Wirkung werben zu können, ist für viele Hersteller äußerst attraktiv. Fragen, die das Parlament hier stellen kann, sind: Ist die bestehende EU-Regulierung im Sinne der KonsumentInnen stark genug? Werden unbekannte Wirkungen von synthetischen Nahrungsmitteln auf den Menschen ausreichend abgeklärt? Ist ein Kennzeichnungssystem für Produkte mit wissenschaftlich erwiesener gesundheitsfördernder Wirkung denkbar? Welche langfristigen Auswirkungen könnten Lebensmittel aus dem Labor auf die herkömmliche Landwirtschaft haben und wie könnten diese aktiv gesteuert werden? Soll Essen nur als Instrument zur Gesundheit reguliert werden, oder gibt es andere wichtige kulturelle Aspekte, die berücksichtigt werden müssen? Welche positiven und negativen Folgen könnte eine individualisierte Ernährung auf Basis des persönlichen DNA-Profiles auf den einzelnen und die Gesellschaft haben? Gibt es hier Steuerungsbedarf? Fleischproduktion ist ein sehr großer Markt und Laborfleisch könnte sich auf diesem als „ethisch vertretbares Fleisch“ etablieren. Wie wird es rechtlich behandelt werden, soll es mit herkömmlichem Fleisch gleichgestellt sein?

wachsender Markt

Regulierung?

*langfristige
Auswirkungen?*

kulturelle Aspekte

¹⁸ memphismeats.com.

¹⁹ supermeat.com.

Vorschlag weiteres Vorgehen

Die oben gestellten Fragen könnten überblicksartig in einer Kurzstudie mit begrenzter Gültigkeit geklärt werden. Für eine tiefgreifende Klärung dieser und auch weiterer relevanter, aber bisher noch nicht gestellter Fragen, die auch längerfristige Planungssicherheit bieten würde, wäre allerdings eine Langstudie nötig. Diese müsste neben wissenschaftlicher Literaturrecherche vor allem auch alle relevanten Stakeholder-Gruppen einbinden, und zusätzlich auch BürgerInnen beteiligen.

Zentrale weiterführende Quellen

Inge Böhm (2016) Visionen von In-vitro-Fleisch – In-vitro-Fleisch als nachhaltige Lösung für die Probleme des Fleischkonsums? Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 25. Jg., Heft 1. tatup-journal.de/downloads/2016/tatup161_boeh16a.pdf

Asli Ozen, Antoni Pons, Josep Tur (2012) Worldwide consumption of functional foods: a systematic review. Nutrition Reviews, Volume 70, Issue 8, 1 August 2012, Pages 472–481, doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00492.x

4. Virtuelle und augmentierte Realitäten

Zusammenfassung

Technologien zur Erzeugung virtueller und augmentierter Realitäten befinden sich momentan in einer Aufschwungphase. Die großen und namhaften Technologieunternehmen (Microsoft, Apple, Google, Facebook, Amazon) versuchen sich in diesem neuen Technologiesektor zu positionieren. Die Anwendungsgebiete sind sehr breit gefächert und umfassen nahezu jeden wirtschaftlichen Bereich. Erste Anwendungsbeispiele gewähren bereits jetzt einen Einblick in die Potentiale dieser neuen Technologie. Zugleich jedoch wirft ihre Anwendung neue Herausforderungen und Probleme auf. Bei Augmented Reality (AR) stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen und ob überhaupt digitaler öffentlicher Raum für alle möglichen Anwendungen genutzt werden soll (Unterhaltung, Werbung, Kunst etc.). Bei Virtual-Reality-Anwendungen (VR) stellt sich die Frage, welche Auswirkungen die Technologie auf die NutzerInnen und deren Psyche und Selbstwahrnehmung hat. Erste Studien deuten darauf hin, dass Auswirkungen auf die Psyche und Selbstwahrnehmung der NutzerInnen bestehen. Hierbei spielt die Immersion (Eintauchen), also der Grad, inwieweit die virtuelle Realität von der menschlichen Sensorik als real empfunden wird, eine wesentliche Rolle.

Mit der zunehmenden Verbreitung dieser Technologien, allen voran über Smartphones, können diese und zahlreiche weitere Fragen bereits in naher Zukunft sowohl aus innovations- und wirtschaftspolitischer als auch aus gesundheits- und konsumentenschutzpolitischer Perspektive relevant werden.

Überblick zum Thema

Virtuelle Realitäten (VR) bezeichnen künstliche erstellte (virtuelle) Umgebungen, die der Wahrnehmung des Menschen über Sehen und Hören durch geeignete Technologien zugänglich gemacht werden. Man unterscheidet zudem virtuelle Realitäten, in denen eine gänzlich künstliche Realität erzeugt wird, von so genannten erweiterten oder augmentierten Realitäten (AR), welche durch eine Überlagerung aus der tatsächlichen Realität mit einer künstlich erstellten, digitalen Realität erzeugt wird. Die eingesetzten Technologien reichen von so genannten „Head Mounted Displays“, also Bildschirmen, die aufgesetzt werden (z. B. Oculus Rift, HTC Vive, PS-VR), „Smartglasses“ (z. B. google glass), über unterschiedliche Formen von Head-Up-Displays bis hin zu Handheld-Geräten wie Smartphones (Palmarini et al. 2018; Rese et al. 2017).

Gerade Smartphones bieten sich mit ihrer reichhaltigen Grundausstattung an verschiedenen Sensoren (Beschleunigung, Barometer, GPS, Gyroskop, Kompass u.v.m.) zur weiteren Verbreitung der AR- und VR-Technologien an. Die Einführung von Augmented Reality Software Development Kits von Google (ARCore) und Apple (AR-Kit) Mitte 2017 lassen darauf schließen, dass dieser Technologiebereich in den nächsten Jahren zunehmend

*Smartphones
als Treiber*

wachsen und an Bedeutung gewinnen wird. Dieser Trend führt dazu, dass AR- und VR-Technologien einem Großteil der Gesellschaft relativ rasch zugänglich gemacht werden (durch die hohe Verbreitung von Handheld-Geräten). Schätzungen gehen davon aus, dass das Marktpotential von VR und AR im Jahr 2021 bei umgerechneten 92 Mrd. € liegen wird, wobei die mobile Anwendung von AR mit umgerechnet 70 Mrd. € den Löwenanteil davon ausmachen wird²⁰.

*breite
Anwendungsfelder
denkbar*

Vor diesem Hintergrund haben zurzeit nahezu alle großen Unternehmen Pläne, sich in diesem Bereich zu betätigen²¹. Die Anwendungsgebiete sind breit: im Bereich der Industrie 4.0, um zum Beispiel Menschen bei Wartungsarbeiten zu instruieren²²; in der Medizin (z. B. Chirurgie)²³; in Schulen für interaktives Lernen²⁴; oder in der Unterhaltungsindustrie, um Film- oder Spielerlebnisse noch intensiver wirken zu lassen²⁵. Auch für die Werbeindustrie bietet die Technologie viele neue Möglichkeiten, wie das Beispiel eines „The North Face“-Shops in Südkorea zeigt: KundInnen konnten, nachdem sie eine neue Jacke anprobieren, eine virtuelle Hundeschlittenfahrt absolvieren, was ihr Einkaufserlebnis verstärken sollte²⁶.

Unfallgefahr

Neben dieser Fülle an Möglichkeiten, die die Technologie mit sich bringt, lassen sich schon potentielle Risiken bzw. potentielle Handlungsfelder identifizieren. Pokemon Go als eine der ersten breiten AR-Anwendungen, hat alleine in den ersten zehn Tagen zu 110.000 Verkehrsunfällen geführt (durch die Unaufmerksamkeit von FahrerInnen oder PassantInnen). Es wurden sogar zahlreiche Todesfälle registriert, die im Zusammenhang mit Pokemon Go stehen²⁷. Im Oktober 2017 hat eine neue Zusatzfunktion in der populären Social-Media-Plattform Snapchat für Aufsehen gesorgt: In Zusammenarbeit mit dem Künstler Jeff Koons wurde ein Feature zur Ausstellung von AR-Kunst entwickelt. Hierbei wurde eines seiner Exponate (Balloon Dog) im Central Park als AR-Kunst dargestellt und man konnte es mit dem Smartphone und entsprechender App betrachten. Der Künstler Sebastien Errazuriz hat Jeff Koons digitales Exponat virtuell vandalisiert, um auf die Problematik der Nutzungsrechte von digitalen öffentlichen Räumen aufmerksam zu machen²⁸. Im Kontext der steigenden Popularität und Anwendung von AR-Technologien, stellt sich weiters die Frage, ob Augmented-Reality-Erlebnisse nach ähnlichen Regeln wie die Vermietung phy-

Vandalismus

²⁰ techcrunch.com/2017/01/11/the-reality-of-vr-ar-growth/.

²¹ goldmansachs.com/our-thinking/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf.

²² [youtube.com/watch?v=SfG33CNqq-w](https://www.youtube.com/watch?v=SfG33CNqq-w).

²³ bdc.de/augmented-reality-in-der-chirurgie-wie-wird-unsere-wahrnehmung-erweitert/.

²⁴ zspace.com.

²⁵ thenextweb.com/augmented-reality/2017/09/13/the-machines-is-the-first-gotta-have-it-title-for-ar-since-pokemon-go/.

²⁶ adweek.com/creativity/north-face-gave-these-shoppers-vr-experience-suddenly-got-awesomely-real-167900/.

²⁷ pokemongodeathtracker.com.

²⁸ nytimes.com/2017/10/10/arts/design/augmented-reality-jeff-koons.html.

sischer öffentlicher Räume geregelt werden sollten. Inwieweit sollen Unternehmen das Recht bekommen, GPS-Daten von öffentlichen Räumen für kommerzielle Zwecke zu nutzen, vor allem, wenn es sich um Werbung handelt? Es zeichnet sich bereits ab, dass das Technologiefeld rund um AR und VR neben seinen hohen marktwirtschaftlichen Potentialen auch nicht zu vernachlässigende Folgen mit sich bringen wird. Die (noch) bestehende Möglichkeit zur Gestaltung der sozio-technischen Innovationspfade rund um AR und VR in Österreich sollte demnach früh ergriffen werden.

Relevanz des Themas für das Parlament und für Österreich

Die breiten, vielversprechenden Anwendungsfelder virtueller und augmentierter Realitäten machen das Thema auch für das österreichische Parlament relevant. Aus Sicht der Innovations- und Wirtschaftspolitik ergibt sich die Relevanz dadurch, dass die Entwicklung des Technologiesektors VR und AR über zielgerichtete Technologieförderung erfolgen kann, zumal abzusehen ist, dass AR insbesondere im Bereich von Industrie 4.0 eine wesentliche Rolle spielen wird. Die Existenz der Virtual and Augmented Reality Association Austria (VARAA)²⁹ als Fachverband professioneller VR/AR-AnwenderInnen und Unternehmen in Österreich deutet darauf hin, dass in Österreich bereits eine gewisse Dynamik besteht.

Technologieförderung

Mit der zunehmenden Bedeutung dieses Technologiesektors geht auch der Bedarf einer systematischen Auseinandersetzung aus Sicht des KonsumentInnenschutzes einher. Aktuelle Studien deuten unter anderem auf potentielle Auswirkungen auf die Psyche bzw. die Selbstwahrnehmung der NutzerInnen hin (Madary/Metzinger 2016). Damit ergibt sich eine unmittelbare Relevanz für Gesundheitspolitik und KonsumentInnenschutz. Die zuvor genannte Problematik des digitalen öffentlichen Raums und der Nutzungsrechte daran wirft zudem neuartige Fragen auf, die zeitgerecht im öffentlichen Interesse geklärt werden müssen. Eine gemeinsame Betrachtung dieser Aspekte scheint sinnvoll, da das Voranschreiten der Technologien in vielen unterschiedlichen Anwendungsfeldern parallel, aber dennoch interdependent verläuft und nicht auf einen einzelnen Bereich festgelegt werden kann.

Schutz der KonsumentInnen

Nutzungsrechte

Vorschlag weiteres Vorgehen

Eine mögliche Herangehensweise im Zuge einer Langstudie wäre es, zunächst einen breiten systematisierten Überblick zu den aktuellen technologischen Fortschritten und Anwendungsgebieten von augmentierten und virtuellen Realitäten zu erstellen. In einem nächsten Schritt könnten unter Einbindung nationaler Stakeholder (z. B. Virtual and Augmented Reality Association Austria, Technologieentwickler) Kompetenzfelder für die österreichische F&E-Landschaft identifiziert werden. Ziel wäre es, international kompetitiv agieren zu können und das in Österreich bestehende Innovationspotential bestmöglich auszuschöpfen. Hierbei muss aber besonderes

²⁹ varaa.at.

Augenmerk auf die bereits oben angedeuteten und sich abzeichnenden Technikfolgen gelegt werden. Der gegenwärtige Technologiestatus bietet noch ausreichend gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Gestaltungsspielraum. Die Studie soll dazu dienen, möglichen Handlungsbedarf zu identifizieren und diesen operationalisierbar zu machen.

Zentrale weiterführende Quellen

Madary, M. und Metzinger, T. K., 2016, Real Virtuality: A Code of Ethical Conduct. Recommendations for Good Scientific Practice and the Consumers of VR-Technology, *Frontiers in Robotics and AI* 3(3), frontiersin.org/article/10.3389/frobt.2016.00003

Palmarini, R., Erkoyuncu, J. A., Roy, R. und Torabmostaedi, H., 2018, A systematic review of augmented reality applications in maintenance, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 49(Supplement C), 215-228, sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584517300686

Rese, A., Baier, D., Geyer-Schulz, A. und Schreiber, S., 2017, How augmented reality apps are accepted by consumers: A comparative analysis using scales and opinions, *Technological Forecasting and Social Change* 124(Supplement C), 306-319, sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162516304528

2.2 Zukunftsthemen: Überblick

Die folgenden Zukunftsthemen sind zusammen mit den Vertiefungsthemen aus dem Monitoring entstanden.

INFORMATIONSGESELLSCHAFT

Entwicklungen im Bereich Informationsgesellschaft beruhen oft auf breiteren technischen Entwicklungen mit weitreichenden Anwendungsgebieten, wie beispielsweise künstliche Intelligenz, Big Data oder der allgemeinen Digitalisierung. Diese finden sich daher als Grundlage in vielen der im Folgenden vorgestellten sozio-technischen Entwicklungen wieder. Technischer Fortschritt bei den Grundlagen dieser Querschnittsthemen zieht damit oft intendierte und nicht-intendierte Auswirkungen nach sich.

Themencluster 1

5. Digitale Erinnerung

Unter dem Stichwort Lifelogging wird seit den 1980er-Jahren mit Kameras experimentiert, die um den Hals getragen oder in eine Brille integriert sind. Sie zeichnen den persönlichen Alltag einer Person in automatisierten Einzelbildern auf, z. B. alle 30 Sekunden; auch Filmen und Livestreamen des Erlebten wurde mittlerweile möglich³⁰. Damit werden viele Details abrufbar, die in der menschlichen Erinnerung verloren gehen würden. Zusätzlich zum Bild können auch individuelle physiologische Daten wie Puls oder Blutdruck mit aufgezeichnet werden. Die Miniaturisierung von Kameras, Akkus, Speichermedien und Sensoren sowie die fortschreitende Entwicklung und Verfügbarkeit des Internets hat die Träume von frühen Lifeloggern wahr werden lassen. Klinische Anwendungen, etwa zur Unterstützung der Erinnerungsleistung von AlzheimerpatientInnen, werden erforscht. Technisch problematisch sind noch immer die dabei anfallenden großen Datenmengen. Auch wenn fast ständig verfügbare Cloudspeicher das Speicherproblem teilweise zu lösen scheinen, ist vor allem das gezielte Durchsuchen nach konkreten Inhalten noch immer ein ungelöstes Problem³¹. Big-Data-Anwendungen, künstliche Intelligenz und Gesichtserkennung sollen hier Abhilfe schaffen. Eine vermehrte Anwendung von Lifelogging kann gesellschaftliche Probleme nach sich ziehen: Die ubiquitäre Aufzeichnung von Bild- und anderen Daten kann zur Überwachung missbraucht werden und kann die Rechte Dritter in Bezug auf Anonymität und Datenschutz ver-

³⁰ spectacles.com/at/.

³¹ technologyreview.com/s/602306/technologists-wont-give-up-on-the-dream-of-memory-augmentation/.

letzen³². Auch psychische und soziale Folgen sind bei einer breitenwirksamen Anwendung zu erwarten: Wie verändert sich das Verhalten des Einzelnen und die Gesellschaft, wenn jeder Moment des Lebens erfasst und gespeichert wird.

6. Algorithmische Polizeiarbeit

Unter algorithmischer Polizeiarbeit versteht man die Auswertung von Kriminalitätsdaten und -statistiken, um Voraussagen über zukünftige Delikte treffen zu können. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Predictive Policing (vorausschauender Polizeiarbeit) oder Crime Detection Technologies (Verbrechenserkennungs-Technologien). Basierend auf den Datenauswertungen können Karten erzeugt werden (Crime Maps), in denen Bereiche mit hoher Verbrechenswahrscheinlichkeit gekennzeichnet sind. Das Ziel dieser „Überwachung der Zukunft“ ist es, die Sicherheit präventiv durch eine z. B. polizeiliche Präsenz in diesen Bereichen zu erhöhen. Da diese Technologie stark auf Mustererkennungsalgorithmen beruht, scheint sie vor allem für Verbrechen geeignet zu sein, die von MehrfachtäterInnen verübt werden, wie zum Beispiel Autodiebstähle oder Einbrüche. Zurzeit ist ein verstärkter Einsatz dieser Technologien unter anderem in den USA oder in Deutschland zu beobachten. IBMs BlueCrush³³, PredPol³⁴ oder PRECOBS³⁵, welches vom Institut für musterbasierte Prognosetechnik in Deutschland entwickelt wurde, stellen erste einsatzfähige Beispiele dieser Technologien dar. Es ist jedoch schwer zu benennen, welchen Erfolg der Einsatz von predictive Policing tatsächlich bringt. Eine begleitende Evaluierungsstudie des Max-Planck-Instituts für ausländisches und internationales Strafrecht, attestiert dem Einsatz von PRECOBS, dass die aus den statistischen Modellen errechneten kriminalitätsmindernden Effekte nur moderat sind (Gerstner 2017). Die Prognosegüte der Aussagen hängt stark von der Qualität und Art der Daten ab. Diese erhöht sich, sobald weitere Daten wie beispielsweise Personendaten in der Modellierung berücksichtigt werden, was aus datenschutzrechtlichen Aspekten problematisch ist. Des Weiteren könnte der Einsatz dieser Technologien zur Auflösung der Unschuldsvermutung führen (Legnaro 2015). Befindet sich eine Person gerade in einem Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit für ein Verbrechen hoch bewertet ist, so besteht die Gefahr, dass die Person grundlos unter Verdacht steht. Der breite Einsatz dieser Technologien könnte somit zu Generalverdacht führen.

³² enisa.europa.eu/publications/to-log-or-not-to-log-risks-and-benefits-of-emerging-life-logging-applications/at_download/fullReport.

³³ ibmsystemsmag.com/power/trends/ibmresearch/ibm_research_spss/.

³⁴ predpol.com.

³⁵ ifmpt.de.

7. Sicherheits-Robotik

Der Sicherheitsbereich ist durch das sogenannte Dual-Use-Prinzip gekennzeichnet. Dies bedeutet, dass ursprünglich für den militärischen Einsatz geplante Technologien auch im Bereich der inneren Sicherheit, Kriminalitätsbekämpfung, aber auch anderen zivilen Anwendungen eingesetzt werden. Ein dynamischer Bereich ist in diesem Zusammenhang die Robotik und die Forschung zu künstlicher Intelligenz (KI). Unbemannte fliegende Systeme (sogenannte Drohnen) sind seit langem fester Bestandteil militärischer Operationen. Auch für spezielle Einsätze am Boden (beispielsweise bei der Kampfmittelbeseitigung) oder im bzw. unter Wasser (z. B. zur Seeminenabwehr) kommen bereits unbemannte Systeme zum Einsatz. Wenngleich die Handlungsautonomie dieser – in Aufbau und Zielsetzung teils sehr unterschiedlichen – Systeme derzeit noch beschränkt ist und sich ihre Steuerung regelmäßig unter menschlicher Kontrolle befindet, so ist angesichts der intensiven Forschungs- und Entwicklungstätigkeit zu erwarten, dass der Grad der Autonomie von robotischen und KI-Systemen ansteigen und sowohl ihre militärische als auch ihre nicht-militärische Nutzung deutlich zunehmen wird.³⁶

Für das österreichische Parlament ergeben sich in diesem Bereich umfassende Fragestellungen, die zu klären bzw. zu regeln wären. Da der Sicherheitsbereich oft Grundrechte tangiert, sind grundsätzliche Erwägungen bezüglich Dual-Use (Verschränkung von innerer und äußerer Sicherheit – Polizei und Militär) und der Vereinbarkeit autonomer Systeme mit der österreichischen Verfassung zu klären. Dazu kommt eine potentiell sehr hohe Zahl (teil-)autonomer Systeme von staatlichen und privaten Betreibern, die nur von speziell ausgebildeten, verantwortungsvollen Personen bedient werden dürfen (ITA 2014). In naher Zukunft wird sich auch die Frage der Abhängigkeit von Algorithmen und der damit eingeschränkte Handlungsspielraum von damit befassten Personen ergeben.

8. Das Netz der bewegten Dinge

Die Vernetzung der Dinge (Internet of Things oder kurz IoT) findet in vielen Bereichen statt, wie zum Beispiel der vernetzte Kühlschrank, der selbständig Lebensmittel bestellt, oder der Fernzugriff mittels Smartphone auf verschiedene Geräte, wie Überwachungskameras, Beleuchtung etc. Unlängst hat ein österreichischer Mobilfunkunternehmer in Kooperation mit einem Start-Up ein „smartes“ Kuscheltier vorgestellt. Dieses ist mit Sensoren zur Temperatur-, Aktivitäts- und Atmungsmessung ausgestattet. Es ermöglicht den Eltern, somit den Vitalzustand des Kindes während des Schlafes zu überwachen³⁷. Bei den genannten Beispielen handelt sich um statische Anwendungen des Internet of Things. Unter Netz der bewegten

³⁶ tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/u30600.html.

³⁷ sticklett.com/start/smart-sticklett/.

Dinge versteht man Geräte/Dinge, die vernetzt und zudem in irgendeiner Form in Bewegung sind, wie zum Beispiel Roboter oder (autonome) Fahrzeuge. Es handelt sich somit um ein eigenes Anwendungsfeld. In der Robotik könnte die Vernetzung z. B. über Cloud-Dienste zum Austausch gesammelter Daten, „Lernerfahrungen“ bzw. Algorithmen genutzt werden. Interessante Anwendungsfelder für das Internet der bewegten Dinge ergeben sich vor allem im Bereich der Mobilität. Viele Neuwagen unterstützen bereits den SIM-Karten-Standard, Tendenz steigend. Das ermöglicht die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander, aber auch zum Hersteller. Das ermöglicht einerseits Ferndiagnostik, Echtzeitnavigation und verschiedene Infotainment-Services. Weitere potentielle Vorteile ergeben sich über die Datensammlung des Mobilitätsverhaltens, welches für ein effizienteres Verkehrssystem genutzt werden könnte. Zugleich aber stellt sich die Frage, wie das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung geschützt werden kann, vor allem im Hinblick auf die Nutzung der Daten durch Dritte (Krieger-Lamina 2016). Die Vernetzung eröffnet zudem potentielle Einfallstore für HackerInnen, was gravierende Auswirkungen haben kann. 2015 haben zwei Hacker auf diese Gefahr hingewiesen. Sie haben es geschafft einen zwei Tonnen schweren SUV zu kapern. Es war ihnen somit möglich das Fahrzeug gänzlich zu steuern, angefangen bei der Klimaanlage hin zu Lenkbewegungen und sogar das Bremsen war möglich.³⁸ 2016 wiesen Hacker auf eine Sicherheitslücke eines Elektroautoherstellers hin. Sie konnten aus einer Entfernung von 19 km auf das Fahrzeug zugreifen. Nach einem Update wurde die Sicherheitslücke beseitigt³⁹. Auch auf Österreichs Straßen sind bereits Fahrzeuge unterwegs, die vernetzt sind. Mit den genannten Beispielen kristallisieren sich neue Handlungsfelder im Bereich der IT-Sicherheit heraus. Die Relevanz ist auch seitens des Verbraucherschutzes gegeben.

9. Cybersicherheit für kritische Infrastrukturen

Die Funktionsfähigkeit moderner Gesellschaften ist heute hochgradig von verschiedenen Technologien und deren Zusammenspiel abhängig. Sie bilden dabei „kritische Infrastrukturen“. Diese können als „Hauptschlagader“ von Wirtschaft und Gesellschaft verstanden werden (Strauß/Krieger-Lamina 2017). Dementsprechend bedrohlich sind Ausfälle von Systemen, die zentral für die Funktionsfähigkeit der Daseinsvorsorge und Grundversorgung mit lebensnotwendigen Gütern sind. Neben elektromagnetischen Impulsen (EMP), wie etwa Sonnenstürmen, sind zunehmend Risiken durch gezielte Angriffe auf IT-Systeme (Cyber-Angriffe) von kritischen Infrastrukturen festzustellen (POST 2017; Panagiotis Trimintzios et al. 2017).

³⁸ wired.com/video/hackers-wireless-jeep-attack-stranded-me-on-a-highway.

³⁹ zdnet.de/88279165/tesla-model-s-sicherheitsforscher-hacken-elektroauto-aus-der-ferne/?inf_by=5a03063e681db8cf478b467d.

Im Hinblick auf die absehbar weiter zunehmende Vernetzung und Automatisierung (z. B. Industrie 4.0, Smart Grids, Smart Home, autonome Fahrzeuge, Internet der Dinge etc.) ist davon auszugehen, dass integrierte Systeme generell weiter an Bedeutung gewinnen werden. Es besteht daher insgesamt Bedarf nach verbesserten Schutzkonzepten von kritischen Infrastrukturen. Mittel- und längerfristig gibt es Bedarf nach Innovationen, die die Systemsicherheit in Design und Architektur insgesamt erhöhen (Security-by-design). Hierbei ist auch ein stärkerer Dialog zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik wichtig (vgl. Strauß/Krieger-Lamina 2017).

Das Österreichische Programm zum Schutz kritischer Infrastrukturen (APCIP⁴⁰) beinhaltet strategische Maßnahmen, um die Resilienz Österreichs zu erhöhen. Hier wurde bereits einiges geleistet und Österreich zählt hier zu den Vorreitern in der EU. Eine Vielzahl an Strategien und Akteuren widmet sich der Thematik, dies verdeutlicht die Komplexität der Problematik, bringt aber auch Unklarheiten hinsichtlich Kompetenzen und Zuständigkeiten mit sich. Daneben besteht die Österreichische Strategie für Cyber-Sicherheit (ÖSCS) und das staatliche Krisen- und Katastrophenschutzmanagement (SKKM). Eine Analyse (und gegebenenfalls Adaptierung) dieser beiden Elemente in Hinblick auf Überschneidungen, Synergien und Ressourcen mit APCIP und vice versa wäre zweckmäßig (vgl. Strauß/Krieger-Lamina 2017).

Das Parlament als zentraler Ort der politischen Meinungsbildung und Kontrolle kann wesentlich zur Koordination österreichischer staatlicher und privater Aktivitäten sowie zur notwendigen Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit beitragen. Darüber hinaus wäre durch die Förderung österreichischer Innovationen in technischen und organisatorischen Sicherheitsmaßnahmen doppelter Nutzen zu erzielen.

10. Social (Ro-)Bots: Maschinen als GefährtInnen?

Schaffen es virtuelle Software-AgentInnen die Meinung der WählerInnen in Internetforen und sozialen Plattformen zu beeinflussen? Wie viele Menschen unterhalten sich mit ihnen ohne zu wissen, dass es sich bei ihrem Gegenüber um eine Maschine handelt? Und welche Konsequenzen haben emotional lernfähige Maschinen für unser Zusammenleben und nicht zuletzt für unsere Vorstellung von demokratischer Entscheidungsfindung?

Soziale Roboter sind (teil-)autonome Maschinen, die nach sozialen Regeln mit Menschen interagieren und mitunter menschlicher Form nachgebildet sind. Es kann sich dabei um physisch vorhandene oder auch virtuelle Software-Agenten handeln, die auch Gefühle repräsentieren bzw. vortäuschen können.

⁴⁰ Austrian Programme for Critical Infrastructure Protection.

Virtuelle Agentinnen sind unsere ständigen Begleiterinnen (wie z. B. Siri, Alexa oder Tay auf Smartphones). Aber auch physische Roboter werden vermehrt für Unterrichtszwecke (Rubi), für alltägliche Aufgaben im Haushalt oder zur Unterhaltung (Jibo, Nao, Pepper) eingesetzt. Dem Einsatz im Gesundheitswesen, v. a. als Pflege- und Therapieroboter (Zora, Hobbit⁴¹, Leka), wird hohes Zukunftspotential zugeschrieben.

Warum könnte sich der Einsatz von sozialen Robotern erhöhen? Der demografische Wandel und die daraus folgenden Bedarfe im Gesundheitswesen und in der Pflege, sowie die Digitalisierung der Produktion und maschinen-induzierte Veränderungen in der Arbeitswelt sind starke Treiber für die Integration von sozialen Robotern in die Gesellschaft (Interaktion mit Social Bots statt „Betriebsanleitungen“).

Die Einführung der digitalen Gefährtnnen birgt auch Herausforderungen: Wie verändert sich eine Gesellschaft, in der willfähige Sexroboter, wie z. B. Roxxy oder Samantha⁴², Frauenpositionen ersetzen? Was passiert mit dem emotionalen Potential von Menschen, die sich in ihrem Umgang vermehrt auf Maschinen stützen? Gerade bei Anwendungen, die experimentell mit Menschen z. B. im Medizin- und Gesundheitsbereich getestet werden (Therapieroboter), gilt es die Selbstbestimmung der involvierten Menschen zu gewährleisten.

Beispiele aus der Vergangenheit zeigen, dass soziale Roboter zweckentfremdet werden können: z. B. lernte der Social Bot Tay rassistische Äußerungen zu verbreiten (Graff 2016); und Social Bots beeinflussten mit ihrer Diskussion möglicherweise die U.S.-amerikanischen Wahlen (Grech 2017). Während bereits Werkzeuge entwickelt werden, die dem Missbrauch entgegenwirken sollen (bspw. die Dienste Botometer⁴³ und botswatch⁴⁴, die darauf abzielen Social Bots zu identifizieren), bleiben hochbrisante Fragen, die gesellschaftlich verhandelt werden müssen, vorerst unbeantwortet.

⁴¹ hobbit.acin.tuwien.ac.at/about.html.

⁴² aec.at/ai/de/samantha/.

⁴³ botometer.iuni.iu.edu/#!/.

⁴⁴ botswatch.de.

11. Sensorrevolution: Smarte Städte – smarte Menschen?

Die Sensorrevolution zielt auf die Verbindung von Computern zur realen Welt ab und verspricht nahezu unbegrenzte Anwendungsmöglichkeiten. Sensortechnologien reichen von lokalen und mobilen Luftverschmutzungsmessgeräten, über Fingerabdrucksensoren oder 3-D Sensoren zur Gesichtserkennung; von tragbaren Fitness-Messgeräten zur Erfassung personalisierter Gesundheitsdaten, bis hin zur Vision unzähliger Minisensoren, die als eine Art globales Nervensystem („Intelligenter Staub“) überall auf der Erde Daten sammeln und in Verbindung mit leistungsfähigen Computernetzwerken neue Erkenntnisse bringen sollen (Lohr 2010).

Die effiziente und detailgenaue Erfassung und Vernetzung von Umwelt- sowie Personendaten durch intelligente Sensoren verspricht einerseits eine erhöhte Problemlösungskapazität, wenn es beispielsweise um das Monitoring von Umweltverschmutzung (Daten von Smart Watches zur Erstellung von interaktiven Luftverschmutzungskarten) oder die Regulierung von Smarten Gebäuden geht (Thermostate zur Steuerung der Wohnungstemperatur über internetfähige Mobilgeräte). Bei der Erfassung von Umweltdaten verlässt sich die Wissenschaft oftmals auf BürgerInnen („Citizen Sensing“⁴⁵), die ohnehin täglich ihre mobilen und Sensor-bepackten Geräte herumtragen.

Andererseits verweist die aufkommende Praxis der Selbstoptimierung durch ständige Messung von Schlafphasen, Ernährungsverhalten und Produktivität, auf die möglichen Schattenseiten der bevorstehenden Sensorrevolution. Anwendungen, die versprechen beim Abnehmen zu helfen, die Leistungsfähigkeit zu steigern, oder die Gesundheit zu fördern, werden immer beliebter. Der Echtzeit-Austausch von Sensordaten ermöglicht den umfassenden Abgleich individueller Daten mit anderen Internet-NutzerInnen, was z. B. im Fall von persönlichem Fitness-Tracking oder Leistungs-Monitoring zu erhöhtem sozialen Druck und zur übertriebenen Selbstaussbeutung führen könnte (Friedrichs 2013).

Als Vorbereitung auf eine bevorstehende Sensorrevolution, wäre es sinnvoll zu klären, wie Sensoren die Selbst- und Umweltwahrnehmung verändern und dadurch neue Normvorstellungen prägen, welche Bildungsmaßnahmen die sinnvolle Integration von Sensortechnologien ins Alltagsleben ermöglichen und wie Persönlichkeitsrechte und Privatsphäre in einer vernetzten Welt garantiert werden können.

⁴⁵ citizensense.net.

12. Robotik in der Landwirtschaft

Eine zunehmende Technisierung und Automatisierung des Alltags ist auch im Bereich der Landwirtschaft zu verzeichnen. Bei diesen innovativen Agartechnologien spielt neben der Zunahme an datenintensiven Anwendungen (Big Data in der Landwirtschaft, precision farming)⁴⁶, Robotik eine zentrale Rolle. Roboteranwendungen wie zum Beispiel die autonome und präzise Aussaat, automatisierte Unkrautbekämpfung, Düngung und Obsternte aber auch die Automatisierung der Milchproduktion über Melkroboter sind Technologien, die bereits in Erprobung bzw. im Einsatz sind.⁴⁷ Autonome Traktoren gibt es bereits als Prototypen; diese könnten bei großen Feldern auch im sog. Platooning-Betrieb (als mehrere fahrerlose Maschinen an ein Führungsfahrzeug virtuell gekoppelt) eingesetzt werden. Für die eher als kleinräumig zu bezeichnende Landwirtschaft in Österreich gilt zu klären, inwieweit der Einsatz von Robotik in der Landwirtschaft sinnvoll und rentabel ist. Zudem stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage welchen Einfluss, global gesehen diese Entwicklungen für die Landwirtschaft in Österreich hat (Konkurrenzfähigkeit).

Offensichtlich hätte diese Entwicklung großen Einfluss auf die nationale Landwirtschaft (Beschäftigungseffekte, Konkurrenzfähigkeit im globalen Kontext), aber auch Potential zur Steigerung der Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit durch gezielteren Einsatz von Pestiziden/Herbiziden. Im Zusammenhang mit der Einführung dieses Technologiebündels, gibt es freilich einige noch ungeklärte Fragen zur Haftung bei Unfällen von autonomen Robotern und zum Datenschutz. Unter anderem mit dem Landwirtschaftsroboter FRANC⁴⁸ der TU Wien gibt es auch Entwicklungspotenzial in Österreich.

⁴⁶ tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/u30700.html.

⁴⁷ idtechex.com/research/reports/agricultural-robots-and-drones-2017-2027-technologies-markets-players-000525.asp;
blog.robotiq.com/top-10-robotic-applications-in-the-agricultural-industry.

⁴⁸ franc.acin.tuwien.ac.at.

LIFE SCIENCES & BIOÖKONOMIE

Im Bereich der Lebenswissenschaften und der Bioökonomie finden sich, analog zur Informationsgesellschaft, zentrale Querschnittstechnologien deren Entwicklung, Weiterentwicklung und Kombination viele Innovationen auf verschiedensten Anwendungsgebieten möglich macht. Hierzu gehören beispielsweise Fortschritte in der Biotechnologie, wie die Revolutionierung der Gentechnik durch Gene-Editing mit CRISPR, Fortschritte beim Aufbau künstlicher Organismen, oder auch Big-Data Anwendungen.

Themencluster 2

13. Fliegende Windenergie

Eine neue Generation Turbinen könnte den Windenergiesektor revolutionieren. Derzeit sind mehrere Prototypen im Einsatz, an denen geforscht wird: Mit dem Boden verbundene Flugdrachen fliegen dabei in einer Höhe von etwa 200-600m und nutzen den dort herrschenden stetigen und kräftigen Luftstrom. Äußerlich erinnern sie an Segelflugzeuge, Drohnen, Zepeline oder auch Flugzeugturbinen⁴⁹. Strom produzieren diese Windenergiesysteme durch Rotoren auf oder in dem Drachen. Die Energie wird durch ein Kabel zum Boden geleitet⁵⁰. Ein anderes Design ist mit einer Turbine kombiniert, die am Boden steht. Der Drachen übt dabei ständig Zug auf das Verbindungsseil aus, dieser Zug wird in der Turbine in Strom umgewandelt. Autonom gesteuerte Flugmanöver in Form einer großen Acht mit mehreren hundert Metern Durchmesser erhöhen den Zug, beziehungsweise verstärken die Windgeschwindigkeit an den Rotoren. Bisherige Ergebnisse zeigen eine höhere Energieproduktion und Effizienz als herkömmliche Windräder⁵¹. Große Energieunternehmen wie e.on experimentieren bereits mit der neuen Technologie und auch Google ist in den Markt durch den Kauf eines kleinen Entwicklers eingestiegen. Die Anwendung in Österreich ist potentiell denkbar und könnte einen Übergang zu erneuerbaren Energien unterstützen und beschleunigen. Aufgrund der Kollisions- und Absturzgefahr eignen sich die fliegenden Turbinen vor allem für unbewohnte Gebiete. Auch in bewohnten Gebieten könnten die neuen Windenergiesysteme bei ausreichendem Sicherheitsabstand eingesetzt werden, allerdings sind dabei Standortfragen vor allem auch mit der Bevölkerung abzustimmen.

⁴⁹ altaerosenergies.com; x.company/makani/.

⁵⁰ greentechmedia.com/articles/read/a-beginners-guide-to-the-airborne-wind-turbine-market#gs.F8LhaSI.

⁵¹ global.handelsblatt.com/companies-markets/e-on-invests-millions-in-flying-wind-turbines-746616.

14. Personalisierte Genomsequenzierung

Individuelle Genomsequenzierung, wie sie heute schon möglich ist, erzeugt eine Karte der eigenen DNA, bei der der exakte Aufbau des gesamten Erbguts ausgelesen wird. Das kann medizinischem Fachpersonal dabei helfen, wirksame und sichere Behandlungen auf die persönlichen Bedürfnisse von PatientInnen abzustimmen. Zum Beispiel könnten so Dosierungen von Arzneimitteln und auch die Wahl der Medikamente selbst, besser auf den Stoffwechsel der jeweiligen Person angepasst und Nebenwirkungen vermieden werden. Preiswerte Diagnostik und bessere Prävention könnten auch Kosten im Gesundheitssystem senken.

Das Wissen über genetische Marker von Krankheiten wächst und dadurch wird das persönliche DNA-Profil in Diagnostik und Prädiagnostik nützlicher. Aufgrund der DNA-Daten können MedizinerInnen bei Gesunden Aussagen darüber treffen, wie hoch das Risiko ist, an einer bestimmten Krankheit zu erkranken und das bereits lange vor dem Auftreten von Symptomen. Einige chronische Krankheiten können durch pränatale Interventionen, Frühgeburtenbehandlungen oder möglicherweise durch Gentherapie verhindert oder sogar ausgerottet werden.

Das Auslesen des eigenen Genoms allein ist allerdings oft nur bedingt aussagekräftig, da das Wissen darüber, welche Genkombinationen oder welche Veränderung welche Krankheiten bedingen, noch lückenhaft ist. Vor allem aber bleiben Risikoeinschätzungen für viele Krankheiten Wahrscheinlichkeitsaussagen, auch wenn sie auf Basis des eigenen Genoms berechnet werden. Die Diagnose einer Erkrankungswahrscheinlichkeit kann aber bereits gravierende physische, psychische und soziale Folgen haben⁵². Entscheidungen über Therapien können bei uneindeutigen Aussagen sehr schwierig sein, diese müssen die PatientInnen aber selbst treffen. Die präventiven Maßnahmen, die aus solchen Risikoeinschätzungen abgeleitet werden bewegen sich sehr oft im Bereich von allgemeingültigen Gesundheitsratschlägen, wie nicht zu rauchen, sich viel zu bewegen und gesund zu essen.

Die Technik der Sequenzierung ist ausgereift und im Wesentlichen beeinflussen nur logistische Fragen den Preis, damit ist Massenapplication denkbar geworden. Brennende Fragen betreffen allerdings den Datenschutz, da aus einem sequenzierten Genom hochsensible Daten, wie Krankheitsrisiko oder Abstammung abgelesen werden können. So wird zum Beispiel Diskriminierung durch Arbeitgeber oder Versicherungen aufgrund genetischer Daten, wenn auch verboten, denkbar.

⁵² bmgf.gv.at/cms/home/attachments/4/6/0/CH1053/CMS1362400994960/genetischeanalysen_20130320.pdf.

15. Genome editing [CRISPR/Cas9] in der Pflanzenzucht

Genome Editing bezeichnet neue Methoden, die es erlauben, zielgerichtete Eingriffe im Erbmaterial, dem Genom einer Zelle durchzuführen. Zukünftig können damit viele Bereiche der Grundlagenforschung beeinflusst werden und Anwendungen in der Medizin und darüber hinaus möglich werden. Im Moment wird das Genom-Editing hauptsächlich im Zusammenhang mit medizinischen Anwendungen diskutiert, aber die Anwendung wird für die Pflanzenzüchtung als vielversprechend gesehen. Insbesondere die Methode CRISPR/Cas9⁵³, die genutzt wird, um Gene zielgerichtet zu verändern, steht im Mittelpunkt der wissenschaftlichen und öffentlichen Diskussion. Es geht darum, die Erbinformation zu verändern, in dem mittels CRISPR/Cas9 einzelne DNA-Bausteine ausgetauscht, entnommen oder hinzugefügt werden. In Bezug auf Pflanzenzüchtung ist umstritten, ob CRISPR/Cas9 als eine Form gentechnischer Veränderung zu behandeln ist oder aber als neue Züchtungsmethode.⁵⁴ ForscherInnen aus dem Feld fordern eine Gleichbehandlung von Genom-editierten und klassisch gezüchteten Pflanzen⁵⁵. Schwierig ist zudem, dass die editierten Pflanzen nicht unbedingt als solche identifiziert werden können.⁵⁶

Für die weitere Entwicklung in Europa ist es zum einen notwendig, in der Grundlagenforschung auf europäischer Ebene zu kooperieren (Borch et al. 2015), zum anderen Mechanismen zu entwickeln, die eine verantwortungsvolle Forschung und Innovation gewährleisten.

16. Künstliche Organe – 3D-Biodruck

Menschliche Organe im Labor zu züchten kennzeichnet ein Set an Forschungsansätzen, die aktuell erweitert und verfeinert werden. Nach Versuchen, Tierherzen zu züchten, wird das *Tissue Engineering* – die Konstruktion von Gewebe – als vielversprechender Weg angesehen. Weitreichende Visionen des Forschungsfeldes sind biologische Ersatzorgane aus dem 3D-Drucker⁵⁷. Während z. B. funktionsfähige Nieren oder Lungen aus dem Bio-Drucker spekulative Entwicklungen sind, rückt die Entwicklung von künstlichen Knorpeln, Knochen und Muskeln bereits näher.

⁵³ Siehe Künstliches Leben; Seite 14.

⁵⁴ bfr.bund.de/cm/343/fragen-und-antworten-zum-genome-editing-und-crispr-cas9.pdf.

⁵⁵ mpg.de/9943004/gen-editierte-pflanzen.

⁵⁶ [europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/582018/EPRS_BRI\[2016\]582018_EN.pdf](http://europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/582018/EPRS_BRI[2016]582018_EN.pdf).

⁵⁷ Die künstlichen Organe der Zukunft sind dadurch charakterisiert, dass sie biologischer Herkunft und personalisiert sind. Synonyme sind daher „biological organs“, „personalized organs“, siehe Glenn/Florescu (2015), früher auch: bioartifizielle Organe (dip21.bundestag.de/dip21/btd/14/031/1403144.pdf).

Die zukünftige Relevanz ist hoch: Auch wenn die Transplantation von Organen heute medizinisch fast Routine ist, so ist diese Form des Organersatz mit vielen Problemen verbunden: Die Medikamente zur Unterdrückung von Abstoßungsreaktionen beeinträchtigen die Lebensqualität umfassend; das zugrundeliegende Konzept des Hirntods der SpenderInnen ist ethisch umstritten; es gibt einen steigenden Mangel an Organen, die transplantiert werden können; der Organhandel breitet sich als transnationale Kriminalität aus und schließlich wird der Organmangel durch den demografischen Wandel verstärkt. Steigende Lebenserwartung und demografischer Wandel werden das Problem des Mangels an Organspenden erhöhen. Künstliche Organe könnten diese Probleme umfassend lösen.

Allerdings besteht bei den 3D-Biodruck Organen ein hoher Grad an Unsicherheit in Bezug auf die Realisierungswahrscheinlichkeit und zugleich ist der Zeithorizont der Realisierung von biologischen Organen mit komplexen Funktionen schwer einzuschätzen. Da Österreich international bei den durchgeführten Organtransplantationen einen der Spitzenränge einnimmt, ist eine hohe Kompetenz vorhanden und somit sind gute Bedingungen für die Forschung gegeben.

17. Treibstoffe aus Sonnenlicht: Künstliche Photosynthese und bionische Blätter

Die natürliche Photosynthese ist einer der wichtigsten Prozesse zur Produktion von Biomasse in der Natur. Das Wissen über diesen Mechanismus machen sich Wissenschaftsteams weltweit zunutze und erforschen unter dem Begriff „künstliche Photosynthese“ Möglichkeiten zur Herstellung von CO₂-neutralen Biokraftstoffen aus Sonnenlicht (z. B. Wasserstoff).

Dieser Ansatz verspricht mehrere Vorteile in Anbetracht des weltweit steigenden Energiebedarfs. Die Sonne liefert als Energiequelle in einer Stunde mehr Energie zur Erde als wir derzeit an fossiler, nuklearer und erneuerbarer Energie pro Jahr nutzen (Barber/Tran 2013). Die künstliche Photosynthese ermöglicht es, Sonnenlicht direkt in chemische, lagerbare Kraftstoffe (z. B. Wasserstoff, Methan, Ethanol) umzuwandeln, während bspw. Photovoltaik, Windkraft und Erdwärme Strom erzeugen, dessen kostengünstige Speicherung noch nicht gelöst ist (Charisius 2017).

Erste Prototypen sind sogenannte „künstliche Blätter“, die die Form von Beutel, Luftpolsterfolie oder auch gewöhnlicher Solarzellen haben können (Rüschemeyer 2017). Diese bionischen Blätter sind in der Produktion von Biomasse effizienter als echte Blätter und stellen den ersten Schritt in Richtung einer einfachen, kostengünstigen und autarken Energieversorgung dar (Nocera 2012).

Während die künstliche Photosynthese als technologische Entwicklung bereits Realität ist, bleibt die Frage ihrer (industriellen) Anwendbarkeit offen. Obwohl der Vorteil künstlicher Photosynthese im dezentralen Einsatz z. B.

in Entwicklungsländern ohne zentrale Energieversorgungssysteme gesehen wird, bietet das Forschungsgebiet gerade für die österreichische Grundlagenforschung relevante Anknüpfungspunkte, z. B. bei der Untersuchung von Quanteneffekten in biologischen Systemen (Lim et al. 2015).

18. Wasserstoffspeicher der Zukunft

Wasserstoff ist ein regenerativer und umweltfreundlicher Energieträger mit dem höchsten Brennwert aller chemischen Brennstoffe – bezogen auf die Masse (Züttel 2004). Die zwei wesentlichen Gründe, warum Wasserstoff noch nicht umfassend als Brennstoff genutzt wird sind erstens, dass Wasserstoff in der Natur fast nur in gebundener Form als Wasser und Kohlenwasserstoff vorkommt und daher erst produziert werden muss und zweitens ist Wasserstoff bei Raumtemperatur gasförmig und lässt sich aufgrund seiner niedrigen kritischen Temperatur nur schwer speichern.

In der Forschung gibt es unterschiedliche Methoden und technologische Ansätze, um Wasserstoff zu speichern. Dazu zählen gasförmige Speicherung in Hochdrucktanks, kryogene Speicherung von flüssigem Wasserstoff und die Feststoffspeicherung. Die derzeit gängigste Methode ist die Speicherung in Hochdrucktanks, die Wasserstoffgas bis auf 700 Bar zusammenpressen und somit ca. fünf Kilogramm Wasserstoff aufnehmen können (Schröder 2009). Das Problem dabei ist die unhandliche Größe von zwei voluminösen Koffern, die ein solches Hochdrucktanksystem beansprucht.

Eine andere Möglichkeit ist die Speicherung von Wasserstoff durch Einlagerung in metall-organische Gerüststrukturen (MOFs). MOFs sind leicht wie Styroporkügelchen und können derzeit aufgrund ihrer porösen Kristallgitter mit großer Oberfläche zwischen fünf und sieben Gewichtsprozent Wasserstoff speichern (Schröder 2009). Für den Einsatz in einem Auto sollten die MOFs mindestens neun Gewichtsprozent Wasserstoff speichern können. Eine weitere Hürde für die Praxis sind die benötigten tiefen Temperaturen bei der Einlagerung (minus 196°C).

Neben MOFs wird auch an anderen Speichersubstanzen geforscht: z. B. an leichten Metallhydriden oder biomimetischen Kohlenstoffgerüsten. Leichte Metallhydride sind bereits als Speichermaterialien im Einsatz, bspw. auf modernen U-Booten. Für die Speicherung von fünf Kilogramm Wasserstoff werden 250 kg Metallhydrid benötigt (Schröder 2009). Das ist zwar als Zusatzgewicht für den Tauchgang vorteilhaft, für den Einsatz in der Automobilindustrie jedoch ungeeignet. Außerdem verläuft die Einlagerung von Wasserstoff in Metallhydriden äußerst langsam. Schnellere Ladezyklen versprechen die porösen Kohlenstoffgerüste, die wie eine Lunge funktionieren: durch große Öffnungen dringt das Gas tief ins Material, wo es dann wie in den Bronchien in immer feinere Verästelungen gelangt (Schröder 2009).

Die sichere Speicherung von großen Mengen Wasserstoff ist für die erfolgreiche Nutzung von Wasserstoff als Energieträger fundamental. Ausgereift ist bisher keine der beschriebenen Technologien. Trotzdem ist das internationale Interesse von Industrie und Regierungen an Speicherlösungen groß. Mit maßgeblichen Forschungseinrichtungen⁵⁸ und innovativen Unternehmen verfügt Österreich über adäquate Bedingungen für erfolgversprechende Forschung im Bereich der Wasserstoffspeicherung.

19. Chips der Zukunft: Elektronische Haut

Elastische Chips, die wie ein Abzieh-Tattoo mit Wasser auf die Haut aufgeklebt werden, können Puls, Sauerstoffsättigung oder Hirnströme messen. Sie werden als „elektronische/künstliche Haut“ bezeichnet. Die mikroskopisch kleinen, elektronischen Schaltkreise können bspw. auf dem Handrücken oder an der Stirn angebracht werden, sind widerstandsfähig und stören ihre TrägerInnen kaum. Damit sind sie für den Einsatz im Sport, aber auch in der nicht-invasiven Medizin geeignet. Dort können sie in Verbindung mit entsprechenden Sensoren lebenswichtige Funktionen (Herzfrequenz, Sauerstoffkonzentration im Blut, etc.) erfassen und über ein Display mit Leuchtdioden auf der Haut anzeigen (Yokota et al. 2016). Bisher können erst einzelne Buchstaben oder Ziffern angezeigt werden. Zukünftig könnte die Entwicklung auch für die Anzeige von z. B. Bauplänen oder Diagrammen am Arm genutzt werden, ohne die TrägerInnen in ihrer Arbeit einzuschränken (DerStandard 2016).

Elektronische Haut hat ein hohes Zukunftspotential in Hinblick auf ihre Weiterentwicklung und Anwendung. Zur Aussicht stehen dabei die Entwicklung von umfassenden Displays und die Erforschung von neuen Einsatzgebieten (z. B. ganzheitliches Gesundheitsmonitoring durch Pflaster). Auch der Einsatz von künstlicher Haut für z. B. Armprothesen, um zukünftig Druckempfindung und das Fühlen von Wärme und Kälte zu ermöglichen (Ober 2015; Tee et al. 2015) ist ein vielversprechender Anwendungskontext der gerade für Österreich mit innovationsstarken Akteuren in der Prothetik interessant erscheint.

⁵⁸ hycenta.at.

20. Cyborg: Gehirn-Computer-Schnittstellen

Die „Verschmelzung“ von Menschen mit Maschinen, wie sie in der Science-fiction oft thematisiert wird, wird zwar noch auf lange Zeit Vision bleiben, aber die schrittweise Überschreitung der Grenze zwischen Mensch und Maschine wird häufiger und die technologischen Voraussetzungen werden immer besser.⁵⁹ Begonnen hat es mit Cochlea-Implantaten und anderen künstlichen Organen bzw. Gliedmaßen und heute ist bereits so vieles möglich, dass einige Menschen bereits daran denken, auch ohne medizinische Notwendigkeit teilweise zum „Cyborg“ zu werden, um ihre Fähigkeiten über das normale menschliche Maß hinaus zu erweitern. Die Forschung an Schnittstellen zwischen Computern und dem menschlichen Hirn ist ebenfalls gerade dabei, über die Grundlagenforschung hinaus zu gehen und die Vision der Verbesserung kognitiver Funktionen zu verwirklichen, etwa durch neue „Sinne“ (etwa für Magnetfelder, Infrarotlicht oder Radiowellen und allgemein Brainchips⁶⁰). Auch wenn Neuroenhancement im engeren Sinne noch einige Zeit Utopie bleiben dürfte⁶¹, stellen sich schon heute spannende Fragen, wie die Gesellschaft mit solchen „Cyborgs“ umgehen würde, siehe die von den Transhumanisten angestoßene Debatte (Kurzweil 2014).

So wird etwa in der Medizinethik diskutiert, ob nicht-kuratives Verbessern menschlicher Leistungen durch technische Implantate vertretbar wäre bzw. unter welchen Voraussetzungen.⁶² Es stellt sich weiters die Verteilungsfrage, wer Zugang zu solchen Verbesserungen bekommen wird und unter welchen Bedingungen? Für die einzelnen Anwendungen müssten jedenfalls prinzipielle Sicherheitsaspekte vorab geklärt werden, in erster Linie betreffend die Gesundheit des Cyborgs selbst, da es ja um das neuartige und komplexe Zusammenspiel von technischen mit natürlichen „Komponenten“ geht. Aber auch die Tatsache, dass Cyborgs übermenschliche Fähigkeiten haben würden, bedeutet etwas für das zukünftige Zusammenleben. In Österreich gibt es einen international wettbewerbsfähigen Medizintechnik-Sektor⁶³ sowie Forschung zum Thema Human-Computer-Interaction⁶⁴.

⁵⁹ Techno Sapiens – Die Zukunft der Spezies Mensch.
Film von Peppo Wagner – Erstausstrahlung in 3sat am 16.November 2016
pwfilm.at/dokumentation/techno-sapiens/.

⁶⁰ Siehe jüngst die US-Unternehmensgründung Neuralink neuralink.com.

⁶¹ epub.oeaw.ac.at/ita/ita-dossiers/ita-dossier024.pdf.

⁶² pewinternet.org/2016/07/26/human-enhancement-the-scientific-and-ethical-dimensions-of-striving-for-perfection/.

⁶³ lifescienceaustria.at/life-sciences-in-oesterreich/zahlen-und-fakten/medizintechnik/.

⁶⁴ Etwa am AIT (rund um M. Tschelegi) oder an der TU Wien (rund um G. Fitzpatrick).

PROZESSINNOVATIONEN

Themencluster 3 Auch der Bereich der Prozessinnovation geht fließend in die anderen identifizierten Bereiche Informationsgesellschaft und Biowissenschaften & Bioökonomie über. Einige Querschnittstechnologien und -entwicklungen sind für Prozessinnovationen grundlegend, wie beispielsweise additive Fertigungsverfahren, Digitalisierung oder Automatisierung.

21. Häuser aus dem 3D-Drucker

Beim 3D-Druck wird das gewünschte Bauteil schichtweise d. h. additiv hergestellt, wobei unterschiedlichste Materialien zum Einsatz kommen können (Keramik, Kunststoff, Zellen, Metall, Beton etc.). Eine besonders interessante und bereits marktreife Anwendung ist das „Drucken“ von Gebäuden. Es existieren bereits Prototypen von Gebäuden, die mittels 3D-Druck errichtet wurden⁶⁵. Ein Roboterarm wird entweder in der Mitte oder um das zu errichtende Gebäude positioniert. Dieser Roboterarm verfügt über eine Betongießvorrichtung an seiner äußersten Spitze, mit welcher die Außen- und Innenwände Schicht für Schicht aufgebaut werden können. Diese Technologie ermöglicht es, ein eingeschossiges Gebäude mit 100 m² Grundfläche innerhalb von 24 Stunden fertigzustellen. Weitere Vorteile, die angegeben werden, sind die drastische Reduktion der Bauabfälle, Kostenersparnis und damit leistbares Wohnen sowie weniger Unfälle im Baugewerbe. Zwei zu nennende Akteure im Bereich des Gebäudedrucks sind das Unternehmen Apis Core⁶⁶ und Contour Crafting Corporation, an welchem unter anderem das in Österreich ansässige doka-Venture mit 30 % beteiligt ist und sich als Kernaktionär positioniert⁶⁷. Diese neuartige Anwendung der additiven Fertigung könnte ein disruptives Potential für das Bauwesen und der Beschäftigung in diesem Bereich haben. Bezogen auf Sicherheit und Baunormen, ist bei einer zunehmenden Verbreitung der Technologie von Handlungsbedarf auszugehen. Diese Technologie ermöglicht zudem die Schaffung leistbaren und vor allem schnell errichteten Wohnraums, was sie aus Sicht der Wohnbaupolitik relevant macht.

⁶⁵ [youtube.com/watch?v=xktwDfasPGQ](https://www.youtube.com/watch?v=xktwDfasPGQ).

⁶⁶ [apis-cor.com/en/](https://www.apis-cor.com/en/).

⁶⁷ 3d-grenzenlos.de/wp/wp-content/uploads/2017/06/doka-ventures-3d-druck-haeuser.pdf.

22. Autonome Mini-Häuser

Immer mehr Firmen produzieren Klein-Häuser die von jeglicher Infrastruktur unabhängig sind. Diese Häuser, meist 20-30 m² klein, stehen in der Tradition klassischer Wohnwagen, haben aber alle Installationen, die auch in einem normalen Haus zu finden sind⁶⁸. Viele Anbieter werben mit dem Komfort eines hochpreisigen Hotelzimmers. Solarzellen und Wasseraufbereitung machen diese Häuser autark und, da sie oft auch Räder haben, sind sie weitgehend ortsunabhängig. Steigende Wohnraumpreise in Städten und Umland, wie auch wiederauflebender Minimalismus als Designleitlinie und im Lebensstil führen zu einem wachsenden Angebot autarker Minihäuser, deren Aufstellung auch nicht immer an Bauland gebunden ist. Ohne durch traditionelle städtische Dienstleistungen, wie Strom- und Wassernetz eingeschränkt zu werden, könnten neue Häuser in Gebieten jenseits der städtischen Planungssteuerung entstehen. Eine solche Zersiedelung kann erhebliche ökologische und soziale Folgen nach sich ziehen. So ist beispielsweise eine an Zersiedelung gekoppelte Erhöhung des Individualverkehrs mit mehr Umweltbelastung, aber auch längeren Pendelzeiten verknüpft. Diese Eigenständigkeit der Mini-Häuser führt zu weniger Abstimmungsbedarf im Energiesystem und steht einem anderen Trend entgegen, in dem Gebäude zwar autonomer in ihrer Energieproduktion werden, aber als Produzenten und Verbraucher am gemeinsamen Energienetz teilnehmen und dadurch erheblicher Abstimmungsbedarf entsteht. Insgesamt ergeben sich damit auch für Österreich relevante Fragestellungen zur Planung und Steuerung der Raumentwicklung und der Energienetze.

23. Geldlose Tauschsysteme: Zeitbanken

Zeitbanken sind sozio-technische Systeme, die Dienstleistungen mit Zeit anstatt mit Geld vergüten (Carroll et al. 2016). Sie zielen generell darauf ab, künftigen Herausforderungen wie dem demografischen Wandel und daraus resultierenden Problemlagen entgegen zu wirken. Vor allem im Bereich der Altersvorsorge (z. B. Betreuungsbedürfnisse der älteren Generation) spielt die Idee des Zeittausches eine Rolle. Eine Zeitbank übersetzt Zeit in Zeitgutschrift für persönliches Engagement und praktische Hilfe, die später für eigene Bedürfnisse genutzt werden kann. Dieses System zum geldlosen Austausch von Dienstleistungen verspricht, Anreize für zeitlich limitierte oder regelmäßige Engagements zugunsten der Allgemeinheit zu schaffen. Darüber hinaus sollen Zeitbanken die Entstehung sozialer Netzwerke fördern und die Gesundheits-, sowie Pflege- und Betreuungskosten senken.

⁶⁸ wohnwagon.at; ecocapsule.sk.
passivdom.com/en/; cahute.eu/?lang=en.

In der Schweiz⁶⁹ wird die Schaffung eines regulativen Rahmens für die Organisation und Administration von Zeitbanken, sowie die Erstellung von Leistungskatalogen im Parlament diskutiert. Dabei ist die Frage zentral, ob das Modell des Zeittauschsystems überhaupt öffentlich/staatlich organisiert sein soll, oder basierend auf dem Modell der Nachbarschaftshilfe im lokalen Rahmen verankert sein soll. Die Auswirkungen eines solchen Systems auf bereits bestehendes soziales Engagement in Vereinen oder Gemeinden bleibt fraglich.

Heute nutzen die Akteure von Zeitbanken zum Tracking von Zeitbank-Austauschvorgängen spezielle Software und auch Smartphone-Apps (Han et al. 2015). Diese ermöglicht die Dokumentation der Aktivitäten von TeilnehmerInnen: was können sie anbieten, was möchten sie im Gegenzug erhalten und was wurde ausgetauscht (z. B. wie viele Zeiteinheiten bzw. Personenstunden). Neben gängiger Software für das Management von Zeitbanken (z. B. TimeRepublik, hOurWorld Time and Talents, Community Forge, Community Weaver 3) wäre es vorstellbar, dass zukünftig auch die Blockchain-Technologie für TimeBanking eingesetzt wird.

24. Bionische Produktion der Zukunft: Selbstformende Objekte durch 4D-Druck

4D-Druck fügt dem 3D-Druck die Veränderung der Objekte durch äußere Faktoren hinzu. Smarte Materialien verwandeln sich eigenständig (aber zuvor präzise programmiert) in einen neuen Zustand. Objekte, im 3D-Druck aus verschiedenen Materialien zusammengestellt, sind so konzipiert, dass sie unter bestimmten Bedingungen ihre Gestalt ändern. Dabei orientiert sich Forschung an bionischen Prinzipien der Natur, insbesondere dem Wachstum von Pflanzen oder auch den Schutzmechanismen von Pflanzen in Bezug auf Wasserzufuhr oder Temperaturveränderung.

Die Versprechungen sind hoch, reichen von neuen Implantaten (die minimalinvasiv in den Körper eingeführt werden und erst am Bestimmungsort ihre vollständige Größe erreichen) bis zu Möbeln, die sich zu Hause selbst zusammensetzen. Angedacht werden bioabbaubare Produkte aus Materialien, die sich nach einer gewissen Zeit oder auf entsprechende Impulse hin selbstständig zersetzen. Den unterschiedlichen Anwendungen ist gemeinsam, dass sie ein weitgehend neues Produktionsparadigma anstreben, das voraussichtlich insbesondere dann von schnell steigender Bedeutung sein wird, wenn es aus verschiedenen Branchen und Wissenschaftszweigen mit hoher Synergie vorangetrieben wird. Der 4D-Druck ist insofern primär interessant im Zusammenspiel mit persönlichen Fertigungseinheiten (personal manufacturing), mit Robotik und dem Internet of Things (Glenn/Florescu 2015).

⁶⁹ parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefft?AffairId=20150484.

Dem 4D-Druck wird eine potentiell disruptive Innovationsdynamik zugeschrieben. Branchenübergreifend haben die Technologien potentiell eine hohe Innovationsdynamik und sind daher von hoher wirtschaftlicher Relevanz. Wie der 3D-Druck bereits medizinische Produktherstellung, z. B. von Orthesen und in der Zahnmedizin disruptiv verändert und in Zukunft die Schmuckherstellung und die Verarbeitung hochwertiger Metalle starkem Wandel unterwerfen wird, kann der 4D-Druck diese Tendenz verstärken, bietet aber zugleich bei früher Innovationsgestaltung hohes Potential hinsichtlich nachhaltiger Produkt- und Prozessinnovationen. In Österreich ließen sich über eine frühe Förderung der Technologien viele verschiedene Branchen und Akteure verbinden. Darüber hinaus bietet die Technologie sowohl Potentiale für etablierte Unternehmen (insbesondere für hochspezialisierte Maschinenbauer) als auch für die Start-Up Szene.

25. Quantenbiologie

Neue Forschungsansätze erweitern die klassische Quantenphysik um experimentelle Ansätze der Biologie und öffnen das interdisziplinäre Feld für zukünftige, technologische Anwendungen, wie z. B. die künstliche Photosynthese zur Erzeugung von Biotreibstoffen (Lim et al. 2015), den Quantencomputer oder hocheffiziente Solarzellen (Ball 2011). Diese neuen Forschungstrends werden unter dem Begriff Quantenbiologie zusammengefasst. Der Terminus Quantenbiologie eignet sich, um nach außen hin zu signalisieren, dass in biologischen Systemen interessante moderne Physik erforscht werden kann (Von Rauchhaupt 2013).

Bisher konnte die mögliche Relevanz, die Quantum-Phänomene für die Funktionsweise von lebenden Organismen haben, nur anhand von theoretischen Experimenten und Computersimulationen erforscht werden. Jetzt wurden Quantum-Effekte in bestimmten biologischen Systemen (Lichtsammelkomplexen) bereits experimentell nachgewiesen; das Ausmaß ihrer Wirkung ist jedoch noch unerforscht (Rinaldi 2012).

Wie Geruch wahrgenommen wird oder wie sich Lebewesen (z. B. Zugvögel) anhand von Magnetfeldern orientieren, könnte mit Hilfe der Quantenbiologie geklärt werden. Erste experimentelle Nachweise mit Fruchtfliegen bestätigen die Sinnhaftigkeit der interdisziplinären Forschungsrichtung (Franco et al. 2011; Ritz et al. 2010). Die Erkenntnisse aus dem Feld der Quantenbiologie könnten generell ein verbessertes Verständnis von biologischen Systemen und darüber hinaus die Entwicklung effizienter und robuster Quantum-Technologien für z. B. Solarenergie, Kommunikation und Navigation ermöglichen (Caruso 2016).

Die Quantenbiologie ist einerseits für die Weiterentwicklung der Physik (Quantencomputer), andererseits für Anwendungen (Energiespeicher) und auch Nachahmung biologischer Prozesse (z. B. effiziente Energiegewinnung aus Sonnenlicht) relevant. Die Verknüpfung der beiden Forschungsfelder Quantenphysik und Biologie⁷⁰ und die zukünftige Grundlagenforschung im neuen, interdisziplinären Bereich der Quantenbiologie ist möglicherweise für Österreich, das einen hohen Kompetenzgrad in der Quantenforschung aufweist, interessant.

26. Dienstleistung 4.0

Die Digitalisierung der Dienstleistungsarbeit ermöglicht es „virtuellen ArbeiterInnen“ für Arbeitgeber in anderen Ländern zu arbeiten. Damit stehen österreichische ArbeitnehmerInnen im Wettbewerb mit AnbieterInnen aus allen Teilen der Welt, mit zum Teil wesentlich niedrigerem Lohnniveau und geringer sozialer Sicherheit⁷¹. Online-Plattformen überwinden Firmen-, sektorale und nationale Grenzen und öffnen globale Märkte für mehr Wettbewerb bei weniger Regulierung (ITA 2017). Es entstehen Plattformen, die das Auffinden virtueller Arbeit ermöglichen bzw. diese vermitteln⁷². Reputationssysteme verfolgen individuelle Leistungen, Kompetenzen und spezifische Fähigkeiten, damit virtuelle Arbeitgeber schnell kompetente und vertrauenswürdige MitarbeiterInnen finden können. Online-Plattformen wie Uber oder AirBnB machen mit insgesamt sehr wenigen direkt Beschäftigten hohe Umsätze.

Neben den Crowdfunding-Plattformen sind es vor allem die Verlagerung von Dienstleistungen auf die KonsumentInnen (prosumer), die hohe Einsparungspotentiale seitens der Unternehmen ermöglichen, und der zunehmende Einsatz von Robotern und Algorithmen, die auch höherwertige Dienstleistungsarbeit übernehmen bzw. automatisieren können. Damit zeichnen sich einschneidende strukturelle Veränderungen in Bereichen wie Handel, Bank- und Versicherungswesen sowie in Pflege- und Gesundheitsdienstleistungen ab.

Gestaltungsoptionen des Parlaments betreffen insbesondere die strukturellen Änderungen am Arbeitsmarkt und in der Unternehmensstruktur in Österreich. Diese haben Auswirkungen auf das Steueraufkommen und die Steuerpolitik. Dazu kommen Fragen der Anpassung von Arbeitsrecht und Schutz von EPU, Sozialversicherungsfragen und nicht zuletzt ethische Fragen bei Pflege- und Gesundheitsdienstleistungen.

⁷⁰ iqoqi-vienna.at/en/research/zeilinger-group/quantum-science-and-application-in-biology/.

⁷¹ media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/studien/digitalerwandel/Oesterreichs_Crowdworkszene_2016.pdf.

⁷² clickworker.com und crowdguru.de.

27. Automatisierung in der Rechtsberatung

Die Digitalisierung, Automatisierung und künstliche Intelligenz findet in vielen verschiedenen Bereichen Einzug. Einer davon ist der Rechtsbereich. Diese so genannten „Legal-techs“ umschreiben Technologien, die von unterstützender Software im Büroalltag bis hin zu automatisierten Rechtsdienstleistungen und smart contracts reichen, also Verträgen die in eine Blockchain eingebettet sind. Aktuelle Anwendungsbeispiele sind Onlineportale, die sich auf Flugentschädigungen spezialisiert haben (Compensation2Go, Airhelp, refund.me etc.). Hierbei werden für die Kunden die Entschädigungen beim Anbieter erwirkt. Technisch aufwändiger sind Technologien, die die Recherche und das Verfassen von Schriftsätzen übernehmen. Das funktioniert durch die algorithmische Einbettung von juristischem Regelwerk. Auch das österreichische Patentamt nutzt bereits eine Form der algorithmischen Rechtsberatung (Markenschutz). Der „Albert Patent Bot“ unterstützt Unternehmen dabei, markenrechtliche Fragen online abzuklären. Laut einer Studie der Boston Consulting Group und der Bucerius Law School könnten die Effekte des Einsatzes von Legal-Techs weitreichend sein, unter anderem wird davon ausgegangen, dass 30-50 % der Arbeiten, die AnwaltsanwärterInnen heute noch verrichten, dadurch substituiert werden könnten⁷³. Der Einfluss auf den Arbeitsmarkt und auf die Ausbildung von JuristInnen wäre demnach nicht zu vernachlässigen. Für die KonsumentInnen ergäben sich Vorteile, wie zum Beispiel der niederschwellige Zugang zu Rechtsdienstleistungen. Weitestgehend ungeklärt sind die Implikationen des algorithmischen Eingriffs in die Rechtsstaatlichkeit und inwieweit dieser überhaupt automatisiert werden soll?⁷⁴ Auch die Frage der Sicherstellung des Datenschutzes bei der Algorithmisierung im Rechtsbereich muss berücksichtigt werden.

Österreich ist in der automatisierten Rechtsberatung noch nicht weit fortgeschritten, jedoch ist aufgrund des Aufschwungs in USA und Deutschland mit zunehmender Relevanz zu rechnen. Es besteht somit noch Gestaltungsmöglichkeit und Innovationspotential.

⁷³ bucerius-education.de/fileadmin/content/pdf/studies_publications/Legal_Tech_Report_2016.pdf.

⁷⁴ tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/themenprofile/Themenkurzprofil-012.pdf.

28. Ein sicheres, dezentrales Grundbuch über Blockchain

Das Grundbuch als ein von den Bezirksgerichten geführtes öffentliches Verzeichnis, in dem Grundstücke und die an ihnen bestehenden dinglichen Rechte dokumentiert sind, könnte in eine Blockchain überführt werden. Einige Staaten (z. B. Honduras⁷⁵, Ukraine, Schweden) führen derzeit digitale Grundbücher mit Blockchain ein oder prüfen die Möglichkeit einer solchen Einführung. Ein Blockchain-Grundbuch wird als sicher vor Manipulation angesehen, als stark kostensenkend und als Mittel, Korruption einen Riegel vorzuschieben.

Allerdings sind die aktuellen Ansätze primär über private Firmen realisiert und es gibt keine Langfristerfahrungen. Offene Fragen sind, wie sich die Transitionsphase von zentralen Systemen zu dem dezentralen System organisieren lässt und ob das System langfristig tatsächlich günstiger ist. Eine Implementierung von Blockchain Anwendungen im öffentlichen Sektor bedarf der Klärung zentraler Voraussetzungen. Die Technologie kann nur für staatliche Anwendungen eingesetzt werden, wenn es eine offiziell anerkannte, digitale Identität gibt und schließlich wäre ein umfassender Know-How-Aufbau und Schulungsaufwand innerhalb der Verwaltung erforderlich, um Blockchain-Projekte umsetzen zu können. Grundbücher eignen sich zur Gestaltung konkreter Prototypen, da sie hochgradig formalisiert sind.

29. Die Zukunft von Industrie 4.0

Es besteht kein Zweifel, dass die Entwicklung zur Industrie 4.0 (cyber-physical systems) weiter voranschreiten wird: Roboter werden multifunktional, intelligenter, kleiner, billiger und sicherer, sodass diese in Zukunft auch außerhalb von strikten Sicherheitsbereichen (sog. Käfigen) in der Montagehalle gemeinsam mit Menschen „Hand in Hand“ arbeiten werden. Vor allem der Trend zu kleineren, multifunktionalen und billigeren Robotern wird auch die KMUs erreichen. Gleichzeitig schreitet die Entwicklung des Internet der Dinge (IoT) voran, was zu einer virtuellen Verkettung der gesamten Produktionskette, vom Rohstoff über alle Zwischenprodukte und Lieferanten bis zum Fertigprodukt, führen kann – mit entsprechenden Auswirkungen auf die traditionellen Logistiksysteme und auch die Produktionsverfahren. Bisher wurden vor allem die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt diskutiert, dies jedoch weiterhin noch ohne eindeutige Ergebnisse. Darüber hinaus ergeben sich mannigfache Wirkungen, die die möglichen Veränderungen der Wirtschaftsstruktur ebenso umfassen, wie Auswirkungen auf die erforderlichen Qualifikationen und damit auf das Bildungssystem.

⁷⁵ Das System in Honduras beruht allerdings auf der Bitcoin-Blockchain und wird von einem privaten Unternehmen implementiert. Damit sind vielfältige Sicherheitsrisiken verbunden, da es keine staatliche Kontrolle über die Infrastruktur gibt, siehe Lemieux (2016).

tem. Insbesondere das Zusammenwirken von Menschen und Robotern bedarf noch sozialwissenschaftlicher und ethischer Überlegungen.

Das BMVIT investiert in F&E in diesem Bereich massiv, es gibt eine I 4.0-Plattform, es ist gerade in Österreich ein boomender Bereich mit großen Chancen. Mit der Pilotstudie Industrie 4.0 (Aichholzer et al. 2015) hat das Parlament 2015 einen ersten umfassenden Überblick über die vielfältigen Auswirkungen von Industrie 4.0 bekommen, es wurden damals aber nur zwei von neun Wirkungsfeldern⁷⁶ vertieft.

30. Automatisiertes Gesundheitsdaten-Monitoring

In Zeiten demographischen Wandels, einem Mangel an Pflegekräften und dem Trend zu einer stärker selbstbestimmten Gesundheitsversorgung, steigt die Nachfrage nach teilautomatisierten Gesundheitsdienstleistungen. Ein Monitoring von Gesundheitsdaten, gekoppelt mit digital vernetzten Gesundheitsdiensten und Gesundheitseinrichtungen, kann zu einem teil-automatisiertem Gesundheitssystem führen. Es könnte Menschen ermöglichen eigenständiger, trotz (chronischer) Krankheiten, zu leben und selbstbestimmter Gesundheitsvorsorge zu betreiben. Mit den Potentialen sind zugleich neue Risiken verbunden, da in der Medizin und im öffentlichen Gesundheitswesen immer mehr sensible PatientInnendaten digital gespeichert werden. In den kommenden Jahren wird mit einem starken Anwachsen personenbezogener Daten im Gesundheitswesen zu rechnen sein, ohne dass bisher in ähnlichem Ausmaß die steigenden Anforderungen an den Datenschutz in der Medizin bedacht werden.

Mit privaten, online angebotenen Genom-Analysen (siehe auch Thema 14) geben weltweit nicht nur Erwachsene zunehmend sensible Gesundheits-Daten an private Anbieter weiter, sondern auch die Daten ihrer Kinder. Genetische Analysen am Menschen werden in Österreich durch das Gentechnikgesetz (GTG) geregelt, das neben der Zulassung von Einrichtungen, die prädiktive genetische Tests durchführen, auch Aufklärung, Einverständniserklärung, Beratung, Dokumentation und Datenschutz im Zusammenhang mit genetischen Analysen regelt. Da die privaten AnbieterInnen, deren Dienstleistungen keinen klinischen Kriterien entsprechen müssen und auch nicht mit einer Beratung über die Reichweite der möglichen Ergebnisse verbunden sind, aus den USA ihre Leistungen anbieten, greift das GTG nicht. Die privaten AnbieterInnen koppeln die Genomanalyse auch mit Daten der NutzerInnen wodurch ein wachsender Austausch von sensiblen digitalen Gesundheitsdaten in privaten Datennetzen außerhalb Österreichs und der EU stattfindet. Zeitgleich wächst die Tendenz zum Dokumentieren und Teilen von Vital- und Aktivitätsdaten zur eigenen Gesund-

⁷⁶ Beschäftigungseffekte; Arbeitsorganisation; Aus- und Weiterbildung; Gesundheit; Ressourceneinsatz; Wirtschaft und Wettbewerb; Sicherheit, Technische Standards; Regulierung.

heits-Optimierung mittels Handy-Apps und Messgeräten, die mit Smartphones gekoppelt sind. In den möglichen Kombinationen von genetischen Daten, medizinischen Daten, dem umfassenden Monitoring des Lebensstils und der Kontrolle dieser Daten durch das Social Web ergeben sich langfristige Missbrauchspotentiale, die sich denjenigen kaum erschließen lassen, die heute ihre Daten teilen.

Literatur

- Aichholzer, G., Gudowsky, N., Rhomberg, W., Saurwein, F., Weber, M. und Wepner, B., 2015, Industrie 4.0 – *Foresight & Technikfolgenabschätzung zur gesellschaftlichen Dimension der nächsten industriellen Revolution (Zusammenfassender Endbericht)*, Nr. ITA-AIT-2, 2015-11-30, Wien; epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-2.pdf.
- Ball, P., 2011, Physics of life: The dawn of quantum biology, *Nature News* 474(7351), 272-274.
- Barber, J. und Tran, P. D., 2013, From natural to artificial photosynthesis, *Journal of The Royal Society Interface* 10(81), 20120984.
- Bennett, G., Gilman, N., Stavrianakis, A. und Rabinow, P., 2009, From synthetic biology to biohacking: are we prepared?, *Nat Biotechnol* 27(12), 1109-1111; auch veröffentlicht in: *Nat. Biotechnol.*
- Böhm, I., 2016, Visionen von In-vitro-Fleisch – In-vitro-Fleisch als nachhaltige Lösung für die Probleme des Fleischkonsums?, *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 25(1), 70-72; tatup-journal.de/downloads/2016/tatup161_boeh16a.pdf.
- Borch, K., Daimer, S., De Roure, D. C., Deketelaere, K., Dimitropoulos, A., Felt, U., Geuna, A., Glenn, J., Gulda, K., Kolar, J., Gallart, J. M., Narula, R., Ringland, G., Schaper-Rinkel, P., Smith, J., Tschaut, A. und van der Wende, M., 2015, *The Knowledge Future: Intelligent policy choices for Europe 2050*: Publications Office of the European Union.
- Boucher, P., Nascimento, S. und Kritikos, M., 2017, *How blockchain technology could change our lives*, im Auftrag von: Scientific Foresight Unit (STOA) – European Parliament.
- 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).
- Carroll, J. M., Shih, P. C., Han, K. und Kropczynski, J., 2016, Coordinating community cooperation: Integrating timebanks and nonprofit volunteering by design, *International Journal of Design* 11(1), 51-63.
- Caruso, F., 2016, *What is Quantum Biology?*; Council for the Lindau Nobel Laureate Meetings e.V.; lindau-nobel.org/what-is-quantum-biology/.
- Charisius, H., 2017, *Sprit aus Licht*; Süddeutsche.de; sz.de/1.1124182.
- DerStandard, 2016, *Elektronische Haut verwandelt Handrücken in ein Display*; Letzte Aktualisierung: 17. April 2016 DerStandard; derstandard.at/2000035044646/Elektronische-Haut-verwandelt-die-Hand-in-ein-Display.
- Doudna, J. A. und Charpentier, E., 2014, The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9, *Science* 346(6213), 1077-+; auch veröffentlicht in: *Science*.
- ETC Group, 2010, *The New Biomasters: Synthetic Biology and the Next Assault on Biodiversity and Livelihoods*, Montreal: ETC Group; etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/biomasters.pdf.
- Franco, M. I., Turin, L., Mershin, A. und Skoulakis, E. M. C., 2011, Molecular vibration-sensing component in *Drosophila melanogaster* olfaction, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(9), 3797-3802; pnas.org/content/108/9/3797.abstract.
- Friedrichs, J., 2013, Selbstoptimierung. Das tollere Ich., *Zeit Online*; zeit.de/2013/33/selbstoptimierung-leistungssteigerung-apps.
- Gerstner, D., 2017, *Predictive Policing als Instrument zur Prävention von Wohnungseinbruchdiebstahl: Evaluationsergebnisse zum Baden-Württembergischen Pilotprojekt P4*, Freiburg im Breisgau Germany; mpicc.de/files/pdf4/rib_50_gerstner_2017.pdf.
- Glenn, J. C. und Florescu, E., 2015, *2015-16 State of the Future*.

- Graff, B., 2016, Rassistischer Chat-Roboter: Mit falschen Werten bombardiert., *Süddeutsche Zeitung*; sz.de/1.2928421.
- Grech, B., 2017, Social Bots: Ein Wahlkampf der Algorithmen., *Die Presse*; diepresse.com/home/techscience/internet/5237997/index.do.
- Han, K., Shih, P. C., Bellotti, V. und Carroll, J. M., 2015, It's Time There Was an App for That Too: A Usability Study of Mobile Timebanking, *International Journal of Mobile Human Computer Interaction* 7(2), 1-22; auch veröffentlicht in: *Int. J. Mob. Hum. Comput. Interact.*
- ITA 2014, Drohnen – fliegende Alleskönner? ITA-Dossier Nr. 6 (Jänner 2014; Autorin: Julia Haslinger), Wien; epub.oeaw.ac.at/ita/ita-dossiers/ita-dossier006.pdf.
- ITA 2017, Roboter, Digitalisierung und Arbeitsmarkt. ITA-Dossier Nr. 26 (April 2017; AutorInnen: Tanja Sinozic, Michael Nentwich, Johann Čas), Wien; epub.oeaw.ac.at/ita/ita-dossiers/ita-dossier026.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.*
- Krieger-Lamina, J., 2016, *Vernetzte Automobile. Datensammeln beim Fahren – von Assistenzsystemen zu autonomen Fahrzeugen. Endbericht*, 2016-08-31, Wien: Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA); epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/2016-02.pdf.
- Kurzweil, R., 2014, *Menschheit 2.0. Die Singularität naht*, 2. Aufl., Berlin: Lola Books
- Legnaro, A. K., Andrea 2015, Das Polizieren der Zukunft, *Kriminologisches Journal* (2), 94-111; beltz.de/fachmedien/erziehung_und_sozialwissenschaften/zeitschriften/kriminologisches_journal/article/Journal.html?tx_beltz_journal%5Barticle%5D=30428&cHash=2513c21b829f6cace61600380c551e3b.
- Lemieux, V. L., 2016, Trusting records: is Blockchain technology the answer?, *Records Management Journal* 26(2), 110-139; auch veröffentlicht in: *Rec. Manag. J.*
- Lim, J., Paleček, D., Caycedo-Soler, F., Lincoln, C. N., Prior, J., Von Berlepsch, H., Huelga, S. F., Plenio, M. B., Zigmantas, D. und Hauer, J., 2015, Vibronic origin of long-lived coherence in an artificial molecular light harvester, *Nature communications* 6, 7755.
- Lohr, S., 2010, Smart Dust. Not Quite, but We're Getting There, *The New York Times*; nyti.ms/2jclPyt.
- Lund Declaration, 2009, The Lund Declaration: Europe must Focus on the Grand Challenges of our Time, *Swedish EU Presidency: Swedish EU Presidency*.
- Mackenzie, A., 2010, Design in synthetic biology, *BioSocieties* 5(2), 180-198; auch veröffentlicht in: *BioSocieties*.
- Madary, M. und Metzinger, T. K., 2016, Real Virtuality: A Code of Ethical Conduct. Recommendations for Good Scientific Practice and the Consumers of VR-Technology, *Frontiers in Robotics and AI* 3(3); frontiersin.org/article/10.3389/frobt.2016.00003.
- Nocera, D. G., 2012, The artificial leaf, *Accounts of Chemical Research* 45(5), 767-776.
- Ober, M., 2015, Elektronische Haut. Die Prothese mit Feingefühl, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*; faz.net/-gx7-896lv.
- Ozen, A. E., Pons, A. und Tur, J. A., 2012, Worldwide consumption of functional foods: a systematic review, *Nutrition Review* 70(8), 472-81; ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22835140.
- Palmarini, R., Erkoyuncu, J. A., Roy, R. und Torabmostaedi, H., 2018, A systematic review of augmented reality applications in maintenance, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 49(Supplement C), 215-228; sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584517300686.
- Panagiotis Trimintzios, Chatzichristos, G., Portesi, S., Drogkaris, P., Palkmets, L., Liveri, D., and und Dufkova, A. (STOA), 2017, *Cybersecurity in the EU Common Security and Defence Policy (CSDP)*, Nr. EPRS/STOA/SER/16/214N: STOA; [europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/603175/EPRS_STU\[2017\]603175_EN.pdf](http://europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/603175/EPRS_STU[2017]603175_EN.pdf).

- POST (Parliamentary Office of Science and Technology), 2017, *Cyber Security of UK Infrastructure*, Nr. Number 554 May 2017, London;
researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/POST-PN-0554.
- 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; auch veröffentlicht in: Nat. Rev. Mol. Cell Biol.
- Rese, A., Baier, D., Geyer-Schulz, A. und Schreiber, S., 2017, How augmented reality apps are accepted by consumers: A comparative analysis using scales and opinions, *Technological Forecasting and Social Change* 124(Supplement C), 306-319;
[sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162516304528](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162516304528).
- Rinaldi, A., 2012, When life gets physical, *Quantum effects in selected biological systems have been confirmed experimentally, but how widespread is their role remains unclear* 13(1), 24-27;
[embor.embopress.org/content/embor/13/1/24.full.pdf](https://www.embor.embopress.org/content/embor/13/1/24.full.pdf).
- Ritz, T., Yoshii, T., Helfrich-Foerster, C. und Ahmad, M., 2010, Cryptochrome: A photoreceptor with the properties of a magnetoreceptor?, *Communicative & Integrative Biology* 3(1), 24-27;
[ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2881235/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2881235/).
- Rüschemeyer, G., 2017, *Künstliche Photosynthese. Pack die Sonne in den Tank*; Frankfurter Allgemeine Zeitung; [faz.net/-gx5-908np](https://www.faz.net/-gx5-908np).
- 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).
- Schröder, T., 2009, *Wasserstoffspeicher. Das Raumwunder im Tank*; Max-Planck-Gesellschaft;
[mpg.de/1326157/wasserstoff](https://www.mpg.de/1326157/wasserstoff).
- Strauß, S. und Krieger-Lamina, J., 2017, *Digitaler Stillstand: Die Verletzlichkeit der digital vernetzten Gesellschaft – Kritische Infrastrukturen und Systemperspektiven*. Projekt-Endbericht, 2017-03-31, Wien; [epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/2017-01.pdf](https://pub.epaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/2017-01.pdf).
- Tapscott, D. und Tapscott, A., 2017, *Realizing the Potential of Blockchain. A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies*, Geneva: World Economic Forum.
- Tee, B. C.-K., Chortos, A., Berndt, A., Nguyen, A. K., Tom, A., McGuire, A., Lin, Z. C., Tien, K., Bae, W.-G. und Wang, H., 2015, A skin-inspired organic digital mechanoreceptor, *Science* 350(6258), 313-316.
- United Nations, 2015, Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development, *New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs*.
- Von Rauchhaupt, U., 2013, Quantenbiologie: Das Leben ist ein Quantenspiel, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*; [faz.net/-gx5-75vfq](https://www.faz.net/-gx5-75vfq).
- Walport, M. und Government Office for Science, U., 2016, *Distributed ledger technology: beyond block chain*.
- Yokota, T., Zalar, P., Kaltenbrunner, M., Jinno, H., Matsuhisa, N., Kitanosako, H., Tachibana, Y., Yukita, W., Koizumi, M. und Someya, T., 2016, Ultraflexible organic photonic skin, *Science advances* 2(4), e1501856.
- Züttel, A., 2004, Hydrogen storage methods, *Naturwissenschaften* 91(4), 157-172.
- Zyskind, G., Nathan, O., Pentland, A. und Ieee, 2015, Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data, *2015 Ieee Security and Privacy Workshops (Spw)*, 180-184.