

# 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 den Handlungsspielraum 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 Wandel<sup>1</sup> oder auch – sehr aktuell – die Bedeutung dieser Technologien zur Bearbeitung der international vereinbarten Nachhaltigkeitsziele (SDGs)<sup>2</sup>.

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 Technologie<sup>3</sup>. Diese ermöglichen es, neue wissenschaftlich-technische Entwicklungen entsprechend zu kontextualisieren. Bei neu aufkommenden 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 zur Strukturierung relevanter Felder wurden die globalen Nachhaltigkeitsziele (SDGs) gewählt, da sie umfassender und genauer als die üblichen großen gesellschaftlichen Herausforderungen wirtschaftliche und gesellschaftliche Be-

<sup>1</sup> So bot die Lund Deklaration (2009, Europe must Focus on the Grand Challenges of our Time, Swedish EU Presidency) die Grundlage für die Challenge-Orientierung des Europäischen Forschungsrahmenprogramms Horizon 2020.

<sup>2</sup> United Nations (2015) Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development, New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, [un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf](http://un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf) (zuletzt aufgerufen am 21.05.2018, so wie alle weiteren in diesem Bericht zitierten URLs).

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

darfe repräsentieren. Damit wird sichtbar, welche Technologien eine potentiell 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 kann.

*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 werden laufend aktuelle sozio-technische Entwicklungen gefunden und anschließend in einem Bottom-up-Prozess Clustern zugeordnet<sup>4</sup>. 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 EHS<sup>5</sup>- und ELSI<sup>6</sup>-Kriterien können in folgenden Fragen beschrieben werden:

*Relevanzprüfung nach  
TA-Kriterien: EHS & ELSI*

<sup>4</sup> Ursprünglich: 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.

<sup>5</sup> 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?
- Passen bestimmte Entwicklungen in soeben anstehende Agenden der parlamentarischen Ausschüsse aufgrund von Themenübereinstimmung?

Das Ergebnis dieses Prozesses, d. h. die Auswahl von insgesamt 70 derzeit besonders relevanten und aktuellen sozio-technischen Entwicklungen ist in Kapitel 2 dokumentiert. Dabei werden die oben gestellten Fragen pro Thema überblicksartig beantwortet.

---

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

## 1.4 Basisquellen des Monitorings

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

- 100 Opportunities for Finland and the World (2014)
- AIT – Foresight-Datenbank Studien
- Cranfield Futures (Horizon scans)<sup>7</sup>
- European Strategy and Policy Analysis System (ESPAS-Datenbank)<sup>8</sup>
- Forbes Magazine: Gartner: Top 10 Strategic Technology Trends for 2017
- Foresight Functional Materials Taskforce – Functional Materials Future Directions
- Forschungs- und Technologieperspektiven 2030 – Ergebnisband 2 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II
- Global Change Blog (Futurist Blog)
- Global Trendometer, European Parliamentary Research Service (2018)<sup>9</sup>
- Governmental Accountability Office (GAO) – Data and Analytics Innovation
- Dossiers & Berichte des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)
- Key Enabling Technologies (KETs) Observatory
- Metascan 3 – Emerging Technologies
- Millenium Project: 2015-16 State of the Future, State of the Future version 19.1
- OBSERVE Horizon Scanning Report, Fraunhofer ISI (2016)<sup>10</sup>
- OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016
- Studien und “Notes” des POST – Parliamentary Office of Science and Technology
- Studien und Publikationen des Europäischen Parlaments/Science and Technology Options Assessment
- Studien und Publikationen des TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
- Technologiradet Policy Briefs
- U.S. Department of Health and Human Services: 2020 A New Vision – A Future for Regenerative Medicine

---

<sup>7</sup> [web.archive.org/web/20160914115240/http://www.cranfieldfutures.com/horizon-scanning-database/](http://web.archive.org/web/20160914115240/http://www.cranfieldfutures.com/horizon-scanning-database/).

<sup>8</sup> [espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/](https://espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/).

<sup>9</sup> [europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS\\_STU\[2018\]612835](https://europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_STU[2018]612835).

<sup>10</sup> [horizon-observatory.eu/radar-en/downloads/deliverables.php](https://horizon-observatory.eu/radar-en/downloads/deliverables.php).

- World Economic Forum, The Global Risks Report 2016
- World Economic Forum-Top 10 Emerging Technologies 2016, 2018
- World Technology Evaluation Center – Report:  
Applications: Nanodevices, Nanoelectronics, and Nanosensors

sowie allgemein:

- Klassische wissenschaftliche Publikationen
- Journalistische Medien und Internetquellen

## 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 neun thematischen Clustern zuordnen:

- Zum Themencluster **Produktion** zählen wir u.a. das Thema Bergbau im All, Industrie 4.0, Häuser aus dem 3D-Drucker oder Agrarrobotik.
- Dem Cluster **Dienstleistungen** haben wir für diesen Bericht beispielsweise die Themen Digitales Nudging, Gamification und haptische Holographie zugeordnet.
- Im Themencluster **Digitale Infrastruktur** kamen in der aktuellen Berichtsversion besonders viele neue Themen hinzu, insbesondere: Dark-Net, Cloud Computing, Open Access, Affective Computing sowie Technologien digitalen Vergessens.
- Der Cluster **Sicherheit** umfasst Themen wie z.B. digitale Schutzengel, dezentrales Lernen, die Risiken der Künstlichen Intelligenz, aber auch Cybersicherheit und den Einsatz von Robotik für Sicherheitszwecke.
- Im Themencluster **Demokratie und Staat** beschäftigen wir uns etwa mit Deep Fakes, der digitalen Souveränität, dem Ende öffentlichen Anonymität oder Robojournalismus.
- Im Cluster **Umwelt und Energie** sind u.a. folgende Themen zusammengefasst: Urban Mining, Geoengineering, dekarbonisierte Gebäudekühlung, peer-to-peer Energiehandel oder E-Schrott.
- Der Themencluster **Bioökonomie** umfasst etwa Biosensoren, Zellfabriken, künstliche Photosynthese oder Quantenbiologie.
- Im Cluster **Mobilität** kamen für diesen Bericht folgende neue Themen hinzu: autonomer öffentlicher Verkehr, die Zukunft des Radverkehrs und Infrastruktur für Elektromobilität.
- Der Themencluster **Gesundheit und Ernährung** beinhaltet u.a. die datengetriebene Medizin, funktionelle Nahrung, Genome Editing für Pflanzen, 3D-Biodruck oder Gesundheitsdaten-Monitoring.

*neun thematische Cluster*

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 gesellschaftlichen Kontext (z. B. KonsumentInnenschutz).

Im Folgenden werden die 70 (davon 20 neu) identifizierten sozio-technische Entwicklungen dargestellt. Am Anfang stehen dabei jene zwölf dieser Themen, die vertieft dargestellt sind und durch Vorschläge für die weitere parlamentarische Bearbeitung ergänzt wurden.

*70 Themen, davon acht vertieft dargestellt*



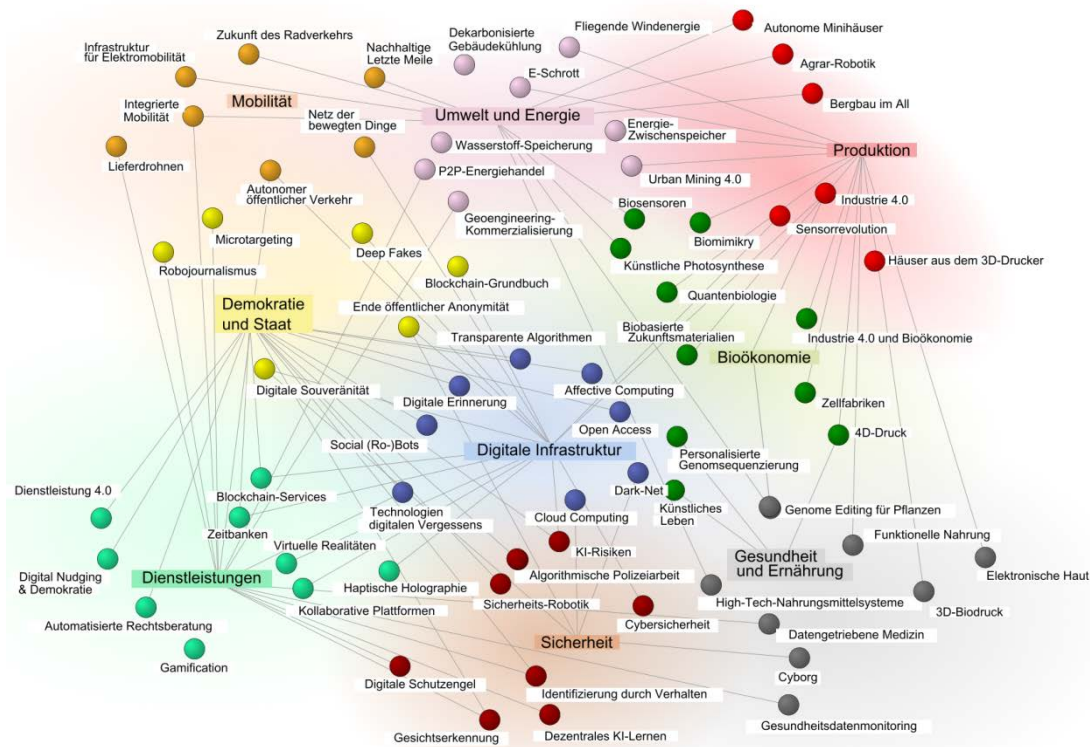


Abbildung: 70 sozio-technische Entwicklungen mit Relevanz für Österreich und das Parlament

Die folgenden zwölf sozio-technischen Entwicklungen wurden als besonders relevant und aktuell eingestuft und daher vertieft dargestellt (wobei die in den folgenden Listen **fett**-gedruckten Themen im Bericht Herbst 2018 neu hinzugekommen sind):

zwölf  
Vertiefungsthemen

- **Deep Fakes**
- **Digital Nudging & Demokratie**
- **Datengetriebene Medizin**
- **Autonomer öffentlicher Verkehr**
- Das Ende öffentlicher Anonymität
- Zukunft Lieferdrohnen?
- Biobasierte Zukunftsmaterialien
- Urban Mining 4.0
- Künstliches Leben
- Vertrauenswürdige Blockchains
- Funktionelle Nahrung aus dem Labor
- Virtuelle und augmentierte Realitäten



Darüber hinaus enthält der Bericht folgende weitere 58 sozio-technische Entwicklungen, die je auf rund einer Seite dargestellt werden:

- **Berbau im All** *Cluster*
- Sensorrevolution *„Produktion“*
- Agrar-Robotik
- Häuser aus dem 3D-Drucker
- Autonome Minihäuser
  
- **Gamification** *Cluster*
- **Haptische Holographie** *„Dienstleistungen“*
- Zeitbanken
- Dienstleistung 4.0
- Automatisierte Rechtsberatung
- Kollaborative Plattformen
  
- **Dark-Net** *Cluster*
- **Cloud Computing** *„Digitale Infrastruktur“*
- **Open Access**
- **Affective Computing**
- **Technologien digitalen Vergessens**
- Transparente Algorithmen
- Digitale Erinnerung
- Social (Ro-)Bots
  
- **Digitale Schutzengel** *Cluster*
- **Dezentrales KI-Lernen** *„Sicherheit“*
- KI-Risiken
- Identifizierung durch Verhalten
- Gesichtserkennung
- Algorithmische Polizeiarbeit
- Sicherheits-Robotik
- Cybersicherheit
  
- Digitale Souveränität *Cluster*
- Microtargeting *„Demokratie und Staat“*
- Robojournalismus
- Blockchain-Grundbuch

- Cluster  
„Umwelt und Energie“*
- **Geoengineering-Kommerzialisierung**
  - **Dekarbonisierte Gebäudekühlung**
  - **P2P-Energiehandel**
  - E-Schrott
  - Energie-Zwischenspeicher
  - Fliegende Windenergie
  - Wasserstoff-Speicherung

- Cluster  
„Bioökonomie“*
- **Biosensoren**
  - Industrie 4.0 und Bioökonomie
  - Biomimikry
  - Zellfabriken
  - Personalisierte Genomsequenzierung
  - Künstliche Photosynthese
  - 4D-Druck
  - Quantenbiologie

- Cluster  
„Mobilität“*
- **Zukunft des Radverkehrs**
  - **Infrastruktur für Elektromobilität**
  - Integrierte Mobilität
  - Netz der bewegten Dinge
  - Nachhaltige Letzte Meile

- Cluster  
„Gesundheit und  
Ernährung“*
- Genome Editing für Pflanzen
  - 3D-Biodruck
  - Elektronische Haut
  - Cyborg
  - High-Tech-Nahrungsmittelsysteme
  - Gesundheitsdatenmonitoring