



Voruntersuchung zur Biologischen Transformation der industriellen Wertschöpfung BIOTRAIN

**IDENTIFIZIERTE FORSCHUNGS- UND GESTALTUNGSFELDER IM HANDLUNGSFELD
ABSCHÄTZUNG DER TECHNIKFOLGEN**

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.



NOBELSTR. 12,
70569 STUTTGART



NOBELSTR. 12,
70569 STUTTGART



JOSEPH-VON-FRAUNHOFER-STR. 2-
4,
44227 DORTMUND



WÖHERSTR. 11, 79108 FREIBURG



STEINBACHSTR. 17, 52074 AACHEN



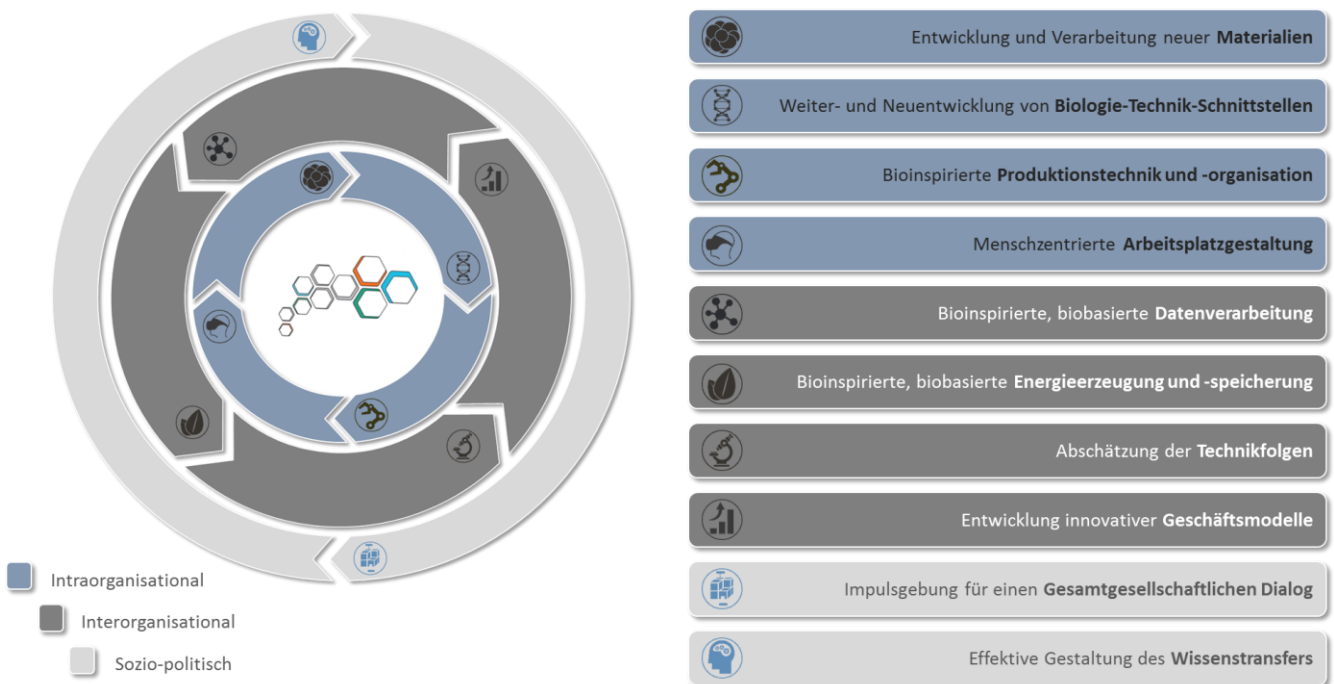
NÖTHNITZER STR. 44, 01187
DRESDEN





Im Rahmen der von der Fraunhofer Gesellschaft durchgeführten und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Voruntersuchung BIOTRAIN wurden über 100 hochrangige Experten befragt, Workshops mit über 200 Teilnehmern durchgeführt, ein umfängliches Bild über die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken Deutschlands im internationalen Vergleich gezeichnet, über 250 Technologiebeispiele gesammelt, ausgewählte Use-Cases entwickelt, die nötigen Basis- und Befähigertechnologien identifiziert und bewertet sowie über 200 Forschungs- und über 150 Gestaltungsthemen identifiziert, die die industrielle Wertschöpfung, ausgehend vom Hochtechnologiestandort Deutschland maßgeblich verändern werden.

Eine Einbindung aller Stakeholder-Gruppen (Industrie, Staat und Gesellschaft) in dieser frühen Phase der biologischen Transformation war eines der Ziele der Voruntersuchung und diente zur Identifikation der konkreten Bedarfe dieser Entwicklung. Neben einem großen Interesse an der Thematik wurden in den durchgeführten Akteursworkshops die wesentlichen Handlungsfelder der biologischen Transformation der industriellen Wertschöpfung identifiziert. Diese können in insgesamt zehn intraorganisationale, interorganisationale und gesellschaftliche/politische (sozio-politische) Handlungsfelder unterteilt werden:



Innerhalb der zehn wesentlichen Handlungsfelder konnten durch die Voruntersuchung BIOTRAIN die wesentlichen Forschungs- und Gestaltungsmaßnahmen ermittelt werden, mit denen eine biointelligente Wertschöpfung realisiert werden kann.



Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Stand der Technik	5
3	Forschungsthemen.....	7
4	Gestaltungsthemen	9
5	Zusammenfassung und Fazit	11
	Literaturverzeichnis.....	13





1 Einleitung

Die Biologische Transformation der industriellen Wertschöpfung ist eine von der Gesamtgesellschaft getragene Entwicklung und daher von Beginn an mit einem gesellschaftlichen Dialog verbunden (siehe entsprechendes Handlungsfeld). Eine Vielzahl neuer Technologien findet im Zuge der Biologischen Transformation Eingang in die industrielle Wertschöpfung und damit in die Gesellschaft und das Leben der Menschen. Eine wesentliche Voraussetzung für diesen Dialog ist eine gut erforschte Sachlage zu den Chancen und Risiken dieser Technologien, die durch methodische Vorgehensweisen ermittelt werden müssen.

Besonders Technologien aus dem Bereich der Biotechnologie (speziell der Gentechnik) und der Künstlichen Intelligenz (Selbstlernende Algorithmen) stoßen bereits heute auf großes Diskussionspotenzial und sollten sorgfältig und unter Anwendung des Vorsorgeprinzips auf deren Risiken hin untersucht werden können. Um die Auswirkungen der Technologien besser vorhersehen und bereits im Vorfeld geeignete Bedingungen schaffen zu können, wurde die Abschätzung von Technikfolgen in der BIOTRAIN Voruntersuchung als eines der wesentlichen Handlungsfelder der Biologischen Transformation identifiziert.

Eine methodische Aufarbeitung der Chancen und Risiken biointelligenter Technologien, die eine objektive Diskussion ermöglicht, wurde als Kern dieses Handlungsfelds von den befragten Experten als Basisvoraussetzung für den Transformationsprozess mehrfach angesprochen und auch im Konsortium ausgiebig diskutiert. Der Stand der Technik auf dem Gebiet der Methoden zur Technikfolgenabschätzung sowie die konkreten Forschungs- und Gestaltungsthemen, die sich aus den Diskussionen, Experteninterviews und Akteursworkshops der Voruntersuchung ergaben, werden im Folgenden erläutert.



2 Stand der Technik

Globale gesellschaftliche Herausforderungen, die technisch veranlasst sind oder für wissenschaftlich-technische Lösungsmöglichkeiten zugänglich erscheinen sind Gegenstand der Technikreflexion und –abschätzung. Klassischerweise zählen hierzu die Beurteilung von soziotechnischen Risiken, die Reflexion von Nachhaltigkeits- und Akzeptanzfragen sowie entsprechende ethisch vertretbare Lösungsvorschläge. Hierbei wird oftmals reaktiv vorgegangen und bereits bestehende Technologien auf deren mögliche Folgen für die Gesellschaft untersucht. Es bestehen jedoch auch proaktive Ansätze wie beispielsweise das Constructive Technology Assessment, die gesellschaftliche Herausforderungen als Anlässe verstehen, neue (sozio-)technische Lösungen zu entwickeln. Auch die Biologische Transformation verfolgt einen solchen Ansatz, indem eine klare Definition eines wünschenswerten Zustands erfolgt, der als Zielzustand fungiert. (Decker et al 2018)

Abschätzungen der Technikfolgen müssen in Gesetze, Normen und Standards eingearbeitet werden, um möglichen Risiken, die von den Technologien ausgehen, vorzubeugen. Beispiele betrachteter Technologien, die im Kontext der Biologischen Transformation relevant sind und für die bereits entsprechende Gesetze bestehen, sind im Folgenden zusammengefasst.

Bereits seit 2003 wurden lernende Algorithmen bzw. Künstliche Intelligenz immer wieder Gegenstand gesellschaftlicher Diskussionen über Chancen und Risiken und der Technikfolgenabschätzung. (Pelka 2001, Conrad 2017, Helbig 2018) Der Umgang mit Fehlentscheidungen von autonom entscheidenden Systemen und daraus resultierenden Schäden muss demnach durch den Gesetzgeber festgehalten werden, wie es z. B. bei autonom fahrenden Transportsystemen bereits umgesetzt wird. (Maurer et al 2015) Die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt der Zukunft, speziell der Entwicklung zu einer „deutlich stärker vernetzten Welt und zu intelligenten Technologien“ wurde ebenfalls bereits umfassend erforscht. Ein sensiblerer Umgang mit personenbezogenen Daten und schärfere Datenschutzgesetze sind ein Resultat dieser thematischen Auseinandersetzungen. (Wochner et al 2017, Aichholzer et al 2015, ITA 2015)

Auch die Biotechnologie, speziell die Verbreitung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) wurde umfassend hinsichtlich ihrer Folgen untersucht (Grunwald et al 2018, Schmidt 2016, Friedrich et al 2018). Eine Regulierung für den Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen findet auf Grundlage der Folgenabschätzungen in Deutschland derzeit über das Gentechnik-Gesetz (GenTG) und auf europäischer Ebene mit der GVO-Richtlinie 2001/18 EG statt. Eine klar definierte Zuordnung, welche Methoden der gentechnischen Veränderungen Organismen hervorbringen, die unter dieses Gesetz fallen, war hierzu notwendig. Um vom GenTG erfasst zu werden, muss der entsprechende Organismus demnach beispielsweise als „Organismus, mit Ausnahme des Menschen, dessen genetisches Material in einer Weise verändert worden ist, wie sie unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt“ definiert werden, um als GVO zu gelten. Da Organismen, die beispielsweise mittels der Genome Editing Methode CRISPR/Cas gentechnisch verändert wurden, keine Fremd-DNA beinhalten und demnach prinzipiell auch durch natürliche Mutation und Rekombination entstehen könnten, kommt diesen eine Sonderrolle zu. Crispr galt formal bis zum 25. Juli 2018 deshalb im juristischen Sinne nicht als Gentechnik. Eine Folgenabschätzung des europäischen Gerichtshofs (EuGH) mit dem Aktenzeichen C528/16 entschied in der Auseinandersetzung jedoch, dass neue Gentechnikverfahren wie Crispr/Cas grundsätzlich Auflagen nach der Gentechnikrichtlinie der Europäischen Union unterliegen, um mögliche Risiken der



Verbreitung solcher Organismen zu vermeiden. (Griebsch 2018, Reich et al 2015, Sprink et al 2018)

Auch der Forschungszweig der synthetischen Biologie, einer Basisdisziplin der Biologischen Transformation, wird vermehrt Technikfolgenabschätzungen unterzogen. Die ZKBS (Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit) hat beispielsweise aufgrund der dynamischen und vielfältigen Entwicklung der Synthetischen Biologie den Auftrag erhalten, ein wissenschaftliches Monitoring durchzuführen und die aktuellen Entwicklungen dieses Forschungszweigs kritisch zu begleiten. (DFG 2017, Köhler et al 2017)



Forschungsthemen

Die Mehrheit der befragten Experten und Workshopteilnehmer der BIOTRAIN Voruntersuchung geht davon aus, dass die Komplexität von Systemen durch die Biologische Transformation zunimmt (Verarbeitung großer Datenmengen, Aufbau von Netzwerkstrukturen etc.). Eine hohe Komplexität von einzelnen Technologien und deren Zusammenspiel erschwert eine umfassende Abschätzung der Technikfolgen. Daher empfiehlt es sich, die Forschung zur Modellierung hochkomplexer biointelligenter Systeme und Prozesse zu intensivieren und gleichzeitig Forschungsthemen zu initiieren, die sich mit dem Umgang mit Komplexität innerhalb der Systeme beschäftigen. Andererseits sind Prinzipien in der Natur erstaunlich einfach und skalierbar gehalten (beispielsweise Fibonacci-Reihe zur Beschreibung einer optimalen Anordnung von Blättern, Schwarmalgorithmen oder Beinkoordination von Insekten, die auf wenigen Anweisungen beruhen). Bedenken hinsichtlich der Beherrschbarkeit komplexer biologischer Systeme richten sich nach der Auswertung der Projektergebnisse auch auf ungewollte Zustände des Systems. Biologische Systeme könnten erkranken oder mutieren und stellen so eine Gefahr für die Stabilität von Prozessen und damit für Menschen und Umwelt dar. Die Technikfolgenabschätzung wird laut den befragten Experten im Zuge der Biologischen Transformation stark an Relevanz gewinnen und müsse forschungsseitig in einer hinreichenden Intensität begleitet werden können.

Weiterhin können andere epigenetische Effekte oder neue Eigenschaften auftreten, die erst durch das Zusammenwirken verschiedener Teile, wie der Konvergenz zwischen biologischen, technischen und informatorischen Systemen, entstehen. Hierin werden die Betrachtung solcher Szenarien in eigenen Forschungsprojekten und die anschließende Berücksichtigung durch den Gesetzgeber und die Schaffung von Mechanismen, die dem entgegenwirken empfohlen. Beispielsweise Möglichkeiten zur Kontrolle komplexer Ausbreitungsmöglichkeiten (räumlich, zeitlich, systemisch, evolutionär) genetisch veränderter Organismen und freigesetzter Stoffe sollten Gegenstand der Forschung sein. Aber auch der Schutz vor Missbrauch, beispielsweise durch biologische Waffen. Um unkontrollierter Ausbreitung oder Missbrauch vorzubeugen, sollten diese Aspekte bereits in den Produktenstehungsprozess und das Produktdesign einfließen, sodass die Produkte möglichst resilient gestaltet sind („resilient by design“) (Acatech 2018). Außerdem wurde ein Forschungsbedarf für ein methodisches Risikomanagement biointelligenter Systeme identifiziert, um Gefahrenpotenziale besser abzuschätzen und entsprechende Vorgehensweisen entwickeln zu können.

In Forschungsvorhaben zu Ökosystemen und einer prädiktiven Modellierung sollten Methoden und Modelle entwickelt werden, die helfen, die zukünftigen Einflüsse, Entwicklungen und Folgen von Technologien vorherzusagen. Hier sind vor allem die Entwicklung oder Weiterentwicklung von Modellierungsansätzen zur Abbildung von Ökosystemen zu nennen, die Weiterentwicklung von Life Cycle Assessment (LCA), insb. für Gentechnik und Künstliche Intelligenz. Des Weiteren empfehlen wir Forschungsthemen zu initiieren, die sich mit der Erweiterung des Ökosystemansatzes um industrielle Akteure und der Ausweitung der angewandten Ökosystemforschung und -technik auf biointelligente Technologien befassen. Als weiterer wichtiger Punkt muss die Bepreisung von Umweltgütern ein wichtiger Bestandteil der aktuellen Ökosystemforschung und prädiktiven Modellierung sein. Hierbei sollen die Umweltauswirkungen und die Nutzung von Naturkapital in die betriebliche Wertschöpfungsrechnung übertragen werden. (Bundesregierung 2017) Hierzu können Forschungsthemen aufgelegt werden, die sich mit Methoden zur Bepreisung von Allmende- und Naturgütern, bzw. den Folgekosten von deren Schädigung befassen. Darüber hinaus gilt es, Zielkonflikte bei der Einführung bioinspirierter Technologien



frühzeitig zu identifizieren und anschließend Möglichkeiten zu deren Auflösung zu untersuchen.

Darüber hinaus muss die Wissenschaft die Wirksamkeit von angestrebten Veränderungen untersuchen, um unter anderem deren Nutzen zu beweisen und für die Öffentlichkeit klar herauszustellen. (Bundesregierung 2017) Hier können beispielsweise Untersuchungen ansetzen, die den tatsächlichen Beitrag von bioinspirierten Technologien zur Ressourceneffizienz konkret bestimmen. In diesem Zusammenhang empfehlen wir auch, die Forschung zu Rebound-Effekten und entsprechende Prädiktionsmethoden innerhalb der Biologischen Transformation zu intensivieren.

Betrachtet man die Folgen von Technologien, spielt die Begleitforschung eine wichtige Rolle. Hier sind vor allem Forschungsthemen in Zusammenarbeit mit den Wirtschaftswissenschaften und der Soziologie zu identifizieren und voranzutreiben. So ist unter anderem die Erforschung neuer Arbeitsformen, -modelle und -inhalte und deren Auswirkungen auf den Arbeitsplatz der Zukunft ein wichtiger Ansatzpunkt für begleitende Forschungsbereiche.



3 Gestaltungsthemen

Einige strukturelle, politische und organisatorische Empfehlungen, die im Rahmen der Voruntersuchung BIOTRAIN erarbeitet wurden, sind für einen erfolgreichen Transformationsprozess Grundvoraussetzung. Diese sollten nach Ansicht der Experten gezielt verbessert und unterstützt werden, um die Potenziale der Biologischen Transformation nutzen zu können.

Bei der Entwicklung neuer Technologien, die oft gleichzeitig von mehreren Akteuren vorangetrieben wird, entstehen unterschiedliche Formate und Lösungen. Um eine erfolgreiche Umsetzung und Verbreitung dieser Technologien in einer biologisch transformierten Wertschöpfung zu gewährleisten, muss eine Kompatibilität unterschiedlicher Systeme zueinander sichergestellt werden. Diese Aussage ging klar aus den mit verschiedenen Branchenvertretern durchgeführten Workshops hervor. Hierzu bedarf es definierter Standards beispielsweise für die Kommunikation oder für biointelligente Schnittstellen. Industrien und Branchen müssen sich auf gemeinsame Standards für neue bioinspirierte Technologien einigen. Andernfalls kann auch die Politik Normen und Standards festlegen, etwa um Verbraucher zu schützen. Eine gesetzliche Verankerung von Standards und Normen bietet zudem wirtschaftliche Sicherheit für die Akteure. Standards auf internationaler Ebene sind im Zuge der Globalisierung ebenfalls anzustreben. Die befragten Experten fügten hinzu, dass im weiteren Sinne auch gemeinsame Wertmaßstäbe entwickelt werden müssen. Beispielsweise müssen sich Akteure darüber einig sein, inwieweit biologisch transformierte Systeme offen gestaltet werden können, um zwar Adaption zu gewährleisten, aber Missbrauch zu verhindern.

Rechtliche Folgen, die mit der Entwicklung, dem Vertrieb und der Nutzung von neuen Technologien einhergehen, können ganz unterschiedliche Bereiche betreffen. Rechtliche Ungewissheiten müssen frühzeitig identifiziert und geklärt werden. Hier ist vor allem der Aspekt der Produkthaftung zu nennen. Besonders für risikobehaftete Technologien, beispielsweise in der Biotechnologie, muss gesetzlich geklärt werden, wer für welche Arten des Missbrauchs oder anderer Schäden und deren Beseitigung haftet (z. B. ungewollte Freisetzung von Mikroorganismen aus Prozessen in die Umwelt). Auch die Frage, wie mit Fehlentscheidungen von autonom entscheidenden Systemen und daraus resultierenden Schäden umzugehen ist, muss durch den Gesetzgeber festgehalten werden, wie es z. B. bei autonom fahrenden Transportsystemen bereits umgesetzt wird. Wir empfehlen hierfür eine frühzeitige Kooperation von gesetzgebenden Organen mit den entsprechenden Akteuren (Entwickler, Nutzer), um einen rechtlichen Rahmen zu schaffen, der Entwicklern und Nutzern Sicherheit gibt und Räume mit kontrolliertem Risiko für entsprechende Forschungsbemühungen schafft.

Im Zuge der Digitalisierung entstanden neue Debatten um den Schutz geistigen Eigentums. Die Bedeutung immateriellen Kapitals wie Daten, Wissen oder Patente ist für die Biologische Transformation enorm. Der Schutz geistigen Eigentums muss deshalb weiterhin gestärkt und auch für zukünftige Technologien klar definiert werden. Außerdem kommt der Einführung von Regularien eine bedeutende Rolle zu. Mit diesen Regularien kann beispielsweise die Produktion neuer Materialien und deren Umwelteinflüsse sowie Auswirkungen auf die Gesundheit während und nach der Nutzung geregelt werden. Des Weiteren können Regularien zum Umgang mit möglichen Zielkonflikten, wie der Landnutzungskonkurrenz, eingeführt werden. Die durch die Biologische Transformation aufkommenden Technologien müssen von Beginn an im Rahmen von Technikfolgenabschätzungen mit den damit zusammenhängenden gesellschaftlichen Entwicklungen analysiert werden. Die Entwicklung von Normen und Standards sollte auf Basis dieser Analysen durchgeführt



werden und eine Grundlage bilden für den Prozess der Biologischen Transformation der Wertschöpfung. Weiterhin sollte die Entwicklung gemeinsamer Standards in der Technologieentwicklung von Beginn an fokussiert werden



4 Zusammenfassung und Fazit

Eine erfolgreiche Biologische Transformation kann nur mit einem offen geführten gesellschaftlichen Dialog erfolgen, der auf objektiven Fakten beruht und den Transformationsprozess begleitet. Neue Technologien, die im Zuge der Biologischen Transformation Eingang in die industrielle Wertschöpfung und damit in die Gesellschaft und das Leben der Menschen finden sollen, müssen nach objektiven Maßgaben betrachtet und beurteilt werden. Eine wesentliche Voraussetzung für diesen Dialog ist eine gut erforschte Sachlage zu den Chancen und Risiken dieser Technologien, die durch methodische Vorgehensweisen ermittelt werden können und in entsprechenden Gesetzen, Normen und Standards resultieren.

Besonders Technologien aus dem Bereich Gentechnik und Künstlicher Intelligenz stoßen bereits heute auf großes Diskussionspotenzial und sollten unter Anwendung des Vorsorgeprinzips geprüft werden. Ein zunehmendes Verschmelzen der Technologiefelder und damit einhergehende steigende Komplexität bedarf einer intensiveren Betrachtung von Technikfolgen als Grundvoraussetzung für die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen der Biologischen Transformation.

Die wichtigsten Technologien und Forschungsansätze in diesem Handlungsfeld sind im Folgenden zusammenfassend aufgelistet:

- Intensivierung der Forschung zum Umgang mit Komplexität und Beherrschbarkeit komplexer bio-basierter und –inspirierter Technologien und Systeme
- Möglichkeiten zur Kontrolle komplexer Ausbreitungsmöglichkeiten (räumlich, zeitlich, systemisch, evolutionär) beispielsweise genetisch veränderter Organismen
- Entwicklung einer Abschätzungsmethode für Gefahrenpotenziale und entsprechende Vorgehensweisen speziell für Biointelligente Technologien und Systeme.
- Entwicklung oder Weiterentwicklung von Modellierungsansätzen zur Abbildung von Ökosystemen
- Bepreisung von Umweltgütern ein wichtiger Bestandteil der aktuellen Ökosystemforschung und prädiktiven Modellierung
- Frühzeitige Identifikation von Zielkonflikte bei der Einführung bioinspirierter Technologien und anschließende Untersuchung von Möglichkeiten zu deren Auflösung.
- Untersuchung und Evaluation von Wirksamkeit und Nutzen angestrebter Veränderungen durch biointelligente Technologie- und Systemansätze
- Forschung zu Rebound-Effekten und entsprechende Prädiktionsmethoden innerhalb der Biologischen Transformation
- Begleitforschung in Zusammenarbeit mit den Wirtschaftswissenschaften und der Soziologie, beispielsweise zu neuen Arbeitsformen, -modellen und -inhalten



- Entwicklung von Normen, Standards und gemeinsamen Wertmaßstäben, um Kompatibilität unterschiedlicher Systeme zueinander sicherzustellen.
- Untersuchung von rechtlichen Folgen, die mit der Entwicklung, dem Vertrieb und der Nutzung von neuen (biointelligenten) Technologien einhergehen.
- Anpassungsmöglichkeiten zum Schutz geistigen Eigentums und Bedeutung immateriellen Kapitals (Daten, Wissen, Patente) untersuchen



Literaturverzeichnis

- Acatech 2018** acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2018). Dossier ENERGIE UND NACHHALTIGKEIT - Sicherheit. Von <http://www.acatech.de/de/aktuelles-presse/dossiers/dossier-sicherheit.html>
- Aichholzer et al** Aichholzer, Georg, et al. "Industrie 4.0: Foresight & Technikfolgenabschätzung zur gesellschaftlichen Dimension der nächsten industriellen Revolution." Studie im Auftrag des Österreichischen Parlaments, Wien, 2015.
- Bundesregierung 2017** Bundesregierung Deutschland (2017). Innovationen durch Nachhaltiges Wirtschaften – Handlungsempfehlungen, Berlin.
- Conrad 2017** Conrad, Sebastian. "Künstliche Intelligenz—Die Risiken für den Datenschutz." *Datenschutz und Datensicherheit-DuD* 41.12 (2017): 740-744.
- Decker et al 2018** Decker, Michael, et al., eds. "Grand Challenges" meistern: Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung. Nomos, 2018.
- DFG 2017** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / acatech–Deutsche Akademie der Technikwissenschaften/Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina : Works, Multi-Volume, and Hit Highlighting. "Synthetische Biologie. Stellungnahme Published Online: 2010-12-16| DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110222906.257>." *Issues* 21 (2017).
- Friedrich et al 2018** Friedrich, Beate, and Sarah K. Hackfort. "Konfliktfeld, neue Gentechnik ": Regulierung landwirtschaftlicher Biotechnologien zwischen Innovation und Vorsorge." *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society* 27.2 (2018): 211-215.
- Griebisch 2018** Griebisch, Thorsten. "Anwendbarkeit des Gentechnikgesetzes auf nach CRISPR/Cas9 verändertes Saatgut." *Natur und Recht* 40.2 (2018): 92-100.
- Grunwald et al 2018** Grunwald, Armin, and Arnold Sauter. "Technikfolgenabschätzung zukünftiger Bio- und Gentechnologien: Visionen und Partizipation." *Vierter Gentechnologiebericht*. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, 2018.
- Helbig 2018** Helbig, Hermann. "Wunder der Technik und das Problem der Künstlichen Intelligenz." *Welträtsel aus Sicht der modernen Wissenschaften*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2018. 473-569.
- ITA 2015** Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA): Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung. Wien, 2015
- Köhler et al 2017** Köhler, Nina, Ulrich Busch, and Armin Baiker. "Synthetische Biologie." *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 12.1 (2017): 61-65.
- Maurer et al 2015** Maurer, Markus, et al., eds. *Autonomes Fahren: technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Springer-Verlag, 2015.



- Pelka 2001** Pelka, Bastian. Künstliche Intelligenz und Kommunikaton: Delphi-Studie zur Technikfolgenabschätzung des Einsatzes von künstlicher Intelligenz auf Kommunikation, Medien und Gesellschaft. Vol. 7. LIT Verlag Münster, 2003.
- Reich et al 2015** Reich, Jens, et al. "Genomchirurgie beim Menschen-zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie: Analyse der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht." (2015).
- Schmidt 2016** Schmidt, Gunther Dr. Abschätzung großräumiger Wirkungen des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen als Beitrag für ökologische Risikoanalysen. Diss. Universität Vechta, 2016.
- Sprink et al 2018** Sprink, Thorben, and Joachim Schiemann. "Ruhe vor dem Sturm: Wie werden die neuen Technologien reguliert?" Neue Technologien in der Pflanzenforschung–eine Alternative zu Pflanzenschutzmitteln? Tagungsband zur Fachtagung Dialog Grün 32, 2018
- Wochner et al 2017** Wochner, Petra, and Thomas Moser. "Die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt der Zukunft." (2017).