

Armin Grunwald

Technikfolgenabschätzung

Einführung

4. Auflage



Nomos

NomosBibliothek

Die Reihe **NomosBibliothek** bietet Studierenden der Sozial- und Geisteswissenschaften ausgezeichnete Einführungen in die jeweilige Fachdisziplin. Klar strukturiert und in verständlicher Sprache vermitteln die Bände grundlegende Fachinhalte und fundiertes Expertenwissen. Sie sind ideal geeignet zum Einstieg in das Studium und zur sicheren Prüfungsvorbereitung – ein unentbehrliches Handwerkszeug für alle angehenden Sozial- und Geisteswissenschaftler:innen.

Der Name ist Programm, denn ähnlich einer Bibliothek hat die Reihe den Anspruch, Studierenden prägnante und verlässliche Einführungen in das jeweilige Fachgebiet an die Hand zu reichen. In der Zusammenschau aller Einführungswerke entsteht dabei ein enzyklopädischer Wissenspool. Die markant gestalteten Bände dienen zudem der fachlichen Information auch über Studieninhalte hinaus.

Armin Grunwald

Technikfolgenabschätzung

Einführung

4., vollständig aktualisierte und erweiterte Auflage



Nomos



Onlineversion
Nomos eLibrary

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-7560-1595-5 (Print)

ISBN 978-3-7489-4514-7 (ePDF)

4., vollständig aktualisierte und erweiterte Auflage 2025

© Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 2025. Gesamtverantwortung für Druck und Herstellung bei der Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier.

Vorwort zur 4. Auflage

Vor mehr als zwanzig Jahren ist diese Einführung in die Technikfolgenabschätzung in der ersten Auflage erschienen, es folgten die zweite und dritte. Diese Auflagen sind vergriffen. Für den Autor ist das Freude wie Verpflichtung zugleich: Freude über das wachsende Interesse an der Technikfolgenabschätzung, Verpflichtung zur Modernisierung dieser Einführung.

Das Ziel ist weiterhin, einen einführenden Überblick über die Technikfolgenabschätzung zu geben und Lesern zu erlauben, sich in ihrer Vielfalt zurechtzufinden. Nachdem zur dritten Auflage eine weitgehende Neukonzeption erforderlich war, ist die vierte Auflage in vielem eine Aktualisierung. Ein neuer Akzent ist ein zusätzliches Kapitel über Technikfolgenabschätzung in der digitalen Transformation. Um das kompakte Format der Einführung zu erhalten, bedurfte es einiger Kürzungen an anderen Stellen. Diese modernisierte Version der Einführung kann hoffentlich den wissenschaftlichen wie praktischen Anforderungen der nächsten Jahre gerecht werden.

In der Darstellung habe ich mich um ein hohes Maß an Ausgewogenheit bemüht. Allerdings sind mir auch nach über dreißig Jahren in der Technikfolgenabschätzung Methoden, Beispiele, Themenfelder und Institutionen unterschiedlich gut vertraut. Vermutlich spiegeln sich diese persönlichen Wahrnehmungen auch in dieser Einführung, zum Beispiel in der Auswahl der Beispiele.

Dank sagen möchte ich vielen Kolleginnen und Kollegen aus der Technikfolgenabschätzung, aus ihrem wissenschaftlichen Umfeld, etwa der Angewandten Ethik und den *Science and Technology Studies* (STS), aber auch aus den Adressatenkreisen der TA vom Deutschen Bundestag über viele Kolleginnen und Kollegen in den Technikwissenschaften bis zu Bürgerinnen und Bürgern, die direkt oder indirekt durch Feedback und Fragen Anregungen gegeben haben. Miriam Miklitz und Sylke Wintzer gilt mein Dank für die sorgsame Durchsicht der komplexen Literaturverweise.

Ein besonderer Dank gilt den Kolleginnen und Kollegen im Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und im Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). An dieser Stelle fällt mir nur ein, aus „*Technology Assessment in Practice and Theory*“ zu zitieren: „It was and still is a pleasure and privilege to chair both these institutions. Maybe this is the best place worldwide to do TA not only in practice but also in theory“.

Karlsruhe, im März 2025

Armin Grunwald

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	13
Verzeichnis der Fokusbeispiele	15
1. Wegweiser durch das Buch	19
1.1 Wie ist Technikfolgenabschätzung entstanden?	19
1.2 Warum und wozu dieses Buch?	21
1.3 Charakteristika der Technikfolgenabschätzung	22
1.4 Voraussetzungen und Prämissen	25
1.5 Praktische Hinweise	27
2. Erwartungen an die Technikfolgenabschätzung	29
2.1 Technik als erwünschter Fortschritt	29
2.2 Nicht intendierte Folgen: Risiken und Nebenwirkungen	32
2.2.1 Problematische Technikfolgen	33
2.2.2 Autonomieverlust und Abhängigkeit	37
2.3 Technikkonflikte	42
2.4 Nachhaltige Entwicklung	45
2.5 Demokratie und Technokratie	48
2.6 Orientierung durch Technikfolgenabschätzung	50
2.6.1 Ambivalenz des technischen Fortschritts	50
2.6.2 Motivation und Aufgaben der Technikfolgenabschätzung	54
3. Die Praxis der Technikfolgenabschätzung	57
3.1 Geschichte der Technikfolgenabschätzung	57
3.1.1 Vorläufer und Wegbereiter	57
3.1.2 Die Entstehung der TA am US-amerikanischen Kongress	60
3.1.3 Diversifizierung und Verbreitung	63
3.1.4 Die TA heute: Organisationsformen und Praxisfelder	65
3.2 Technikfolgenabschätzung als Politikberatung	67
3.2.1 Parlamentarische Technikfolgenabschätzung	67
3.2.2 Beratung von Ministerien und Behörden	70
3.2.3 TA im Gesundheitssystem: <i>Health Technology Assessment</i>	73
3.2.4 Internationale Assessment-Verfahren	74
3.2.5 Wissenschaftliche Unabhängigkeit als zentrale Anforderung	76
3.3 Partizipative Technikfolgenabschätzung	77
3.3.1 Von der Forderung nach partizipativer TA zur Selbstverständlichkeit	77
3.3.2 Demokratietheoretische und praktische Erwartungen	79
3.3.3 Umsetzung	82
3.3.4 Herausforderungen partizipativer TA	84

Inhaltsverzeichnis

3.4 TA in der Technikgestaltung	86
3.4.1 Systemanalytische Technikfolgenabschätzung	86
3.4.2 Wertorientierte Technikgestaltung	88
3.4.3 Constructive Technology Assessment (CTA)	90
3.4.4 Technikgestaltung durch Leitbilder und Visionen	92
3.4.5 Herausforderung: TA zwischen Nähe und Distanz	93
3.5 Nachbarn und Verwandte der TA	95
3.5.1 Technologiefrüherkennung und Vorausschau	95
3.5.2 Innovationsanalysen und Produktfolgen	97
3.5.3 Responsible Research and Innovation (RRI)	100
4. Umriss einer Theorie der Technikfolgenabschätzung	103
4.1 Theoriebedarf der TA	103
4.1.1 Erwartungen an eine Theorie der TA	103
4.1.2 TA-Debatten mit Theoriebezug	106
4.2 Ein theoretischer Rahmen für die TA	108
4.2.1 Das erkenntnisleitende Interesse	108
4.2.2 Konzeptionelle Dimensionen der TA	111
4.2.3 Definition der Technikfolgenabschätzung	115
4.3 Ontologie: die Objekte der TA	117
4.3.1 Technik und Technikfolgen als Objekte der TA	117
4.3.2 Technikbedeutung als Gegenstand der TA	120
4.4 Erkenntnistheorie und Wissensqualität	124
4.4.1 Wissenstypen in der TA	124
4.4.2 Zukunftswissen	127
4.4.3 Hermeneutisches Wissen	131
4.4.4 Soziale Epistemologie	134
4.4.5 Qualitäts- und Erfolgskriterien der TA	137
4.5 Die Normativität der Technikfolgenabschätzung	139
4.5.1 Demokratie	139
4.5.2 Ethik	141
4.5.3 Nachhaltigkeit	144
5. Die Werkstatt der Technikfolgenabschätzung	149
5.1 Das klassische Vorgehen in TA-Projekten	149
5.1.1 Die Projektförmigkeit der TA	149
5.1.2 Fragestellung und Systemgrenzen	152
5.1.3 Methodenwahl	155
5.1.4 Wissensintegration und Handlungsoptionen	157
5.1.5 Wissenstransfer	160

5.2 Methodenüberblick	162
5.2.1 Antizipation: Zukunftswissen	163
5.2.2 Inklusion: Legitimation	168
5.2.3 Komplexitätsmanagement und Bewertung	173
5.2.4 Kontexte verstehen: hermeneutische Verfahren	178
5.3 Methodologische Spannungsfelder	183
5.3.1 Quantitative und qualitative Verfahren	183
5.3.2 Zwischen Kontext und Verallgemeinerung	185
5.3.3 Das <i>Collingridge-Dilemma</i>	187
6. Technikfolgenabschätzung in der digitalen Transformation	189
6.1 Digitalisierung als Aufgabe und Chance	189
6.1.1 Digitalisierung als Prozess	189
6.1.2 Herausforderungen für die TA	191
6.1.3 Digitale Methoden	194
6.2 Allmähliche Disruptionen als nicht intendierte Folgen?	197
6.2.1 Das Phänomen allmählicher Disruption	197
6.2.2 Allmähliche Disruptionen in der Digitalisierung	199
6.2.3 Schlussfolgerungen für die Technikfolgenabschätzung	207
6.3 Mensch und Digitaltechnik: ethische Fragen	211
6.4 Technikfolgenabschätzung und Anthropologie	216
7. Bilanz und Perspektiven	221
7.1 Folgen der Folgenabschätzung	221
7.2 Persistente Spannungsfelder	225
7.2.1 TA zwischen Technikkritik und Akzeptanzbeschaffung	226
7.2.2 TA zwischen distanzierter Analyse und Intervention	229
7.3 Adverse Entwicklungen: TA in Zeiten multipler Krisen	232
7.4 Perspektiven der TA-Community	234
7.4.1 Auf dem Weg zum Hochschulfach	234
7.4.2 Global Technology Assessment	238
7.5 Risiko, Vorsorge und Resilienz	241
7.6 Auf dem Weg zu einem besseren Anthropozän	244
7.6.1 TA und reflexive Modernisierung	245
7.6.2 Das visionäre Potential der Technikfolgenabschätzung	247
Literaturverzeichnis	253
Sachregister	283

1. Wegweiser durch das Buch

Überblick

Als Einführung in die Technikfolgenabschätzung (TA) beginnt dieses Buch bei der grundlegenden Frage, warum die TA überhaupt entstanden ist (Kap. 1.1). Daraus ergeben sich die wesentlichen Ziele und Motivationen für dieses Buch (Kap. 1.2). Sodann wird zumindest vorläufig beschrieben, was unter Technikfolgenabschätzung verstanden wird (Kap. 1.3), und werden die Voraussetzungen benannt, auf denen die Darstellung der TA in diesem Buch basiert (Kap. 1.4). Die weiteren Kapitel in diesem Buch sind problemorientiert angeordnet: Ausgehend von den Erwartungen an die TA angesichts der Ambivalenzen der Technik und des technischen Fortschritts (Kap. 2) wird die historisch entstandene Beratungspraxis der TA skizziert (Kap. 3). Durch deren Analyse und Reflexion wird induktiv ein übergreifender theoretischer Rahmen erschlossen (Kap. 4), gefolgt von der Beschreibung des Handwerkszeugs und der Methoden der TA (Kap. 5). Der TA in der und für die digitale Transformation ist ein eigenes Kapitel gewidmet (Kap. 6). Im Schlussteil stehen sowohl Reflexionen auf 50 Jahre TA wie auch Perspektiven für ihre weitere Entwicklung (Kap. 7) an.

1.1 Wie ist Technikfolgenabschätzung entstanden?

Die Technikfolgenabschätzung ist weder eine Erfindung der Wissenschaft noch der Ingenieure.¹ Vielmehr wurde sie in Form der parlamentarischen TA von Politikern ins Leben gerufen. Einer ihrer Väter war in den 1970er Jahren der legendäre US-amerikanische Senator Edward Kennedy (Kap. 3.1.2). Wenn sich auch in der Zwischenzeit die TA wissenschaftlich ausgerichtet hat, so ist es bei einer engen Orientierung an Bedarf und Nachfrage aus Gesellschaft und Politik geblieben. Wie ist es dazu gekommen?

Kurz gesagt: In der Moderne, verstärkt seit dem Zweiten Weltkrieg und in den letzten Jahrzehnten mit der globalen Umweltkrise und dem ebenso globalen ökonomischen Wettbewerb, ist technischer Fortschritt genauso unausweichlich wie problematisch geworden. *Unausweichlich*, weil Innovation und Wettbewerbsfähigkeit neue Technologien benötigen, so etwa in der Digitalisierung oder in den Biotechnologien, aber auch weil die Wende zu einer nachhaltigeren und klimafreundlichen Gesellschaft mit den heutigen Technologien nicht vorstellbar ist. *Problematisch* ist der ruhelose technische Fortschritt, weil dieser zumeist, wie die Erfahrung zeigt, nicht nur erwünschte, sondern auch nicht intendierte, teils überraschende und oft unerwünschte und problematische Folgen hat. Diese historische Erfahrung einer tiefgreifen-

1 In diesem Buch wird der generische Plural als genderneutrale Bezeichnung verstanden, also alle Geschlechter einschließend. Ingenieure beispielsweise sind in diesem Sinne Menschen mit Ingenieurberuf.

1. Wegweiser durch das Buch

den *Ambivalenz* von Technik und des technischen Fortschritts bildet den zentralen Hintergrund der TA (Kap. 2.2).

Dass die TA gerade in den 1960er und 1970er Jahren entstanden ist, lässt sich aus jener Zeit heraus begreifen. Bis dahin war ein Fortschrittsoptimismus dominant, der mit der Europäischen Aufklärung einsetzte, sich in der Industriellen Revolution auf technischen Fortschritt kaprizierte und nach dem Zweiten Weltkrieg in Deutschland im sogenannten Wirtschaftswunder eine Blütezeit erlebte. Technischer Fortschritt schien ohne Grenzen möglich, wie etwa die paradiesischen Erwartungen an eine Energieüberflusgesellschaft in der Vision des damals positiv verstandenen *Atomzeitalters* belegen. Diese sind im Atomium in Brüssel, gebaut 1958, heute noch zu besichtigen. Die sich verschärfenden Umweltkrisen, der Rüstungswettlauf im Kalten Krieg, die Persistenz von Entwicklungsproblemen im Globalen Süden, die Grenzen des Wachstums (vgl. Meadows et al. 1972) und die sich seit Jahrzehnten verschärfende Klimakrise sind die hauptsächlichen Totengräber dieses Optimismus (vgl. Kunze 2021). Negative Folgen von Technik und Technisierung weisen auf den Preis hin, der vielfach für den Fortschritt zu zahlen ist. Die sich öffnende Schere zwischen den intendierten positiven Folgen von Technik einerseits und den nicht intendierten, häufig negativen Folgen führt zu Unsicherheiten über den weiteren technischen Fortschritt, zu Orientierungsproblemen und zu gesellschaftlichen Konflikten. Technik erscheint hier sowohl als Problemverursacher (z.B. Kohlekraftwerke und Verbrennungsmotoren für den Klimawandel) wie auch als Problemlöser (z.B. hocheffiziente Technologien zur Ressourceneinsparung). Sicher rhetorisch überzogen könnte man sagen, dass die moderne Gesellschaft vom technischen Fortschritt wie von einer Droge abhängt, immerhin wissend um die Problematik der Nebenfolgen.

Fokus 1–1: Das Zeitalter des Menschen – Anthropozän

Der Chemie-Nobelpreisträger Paul Crutzen, Entdecker der Verursachungskette des Ozonlochs, hat vorgeschlagen, das gegenwärtige Zeitalter *Anthropozän* zu nennen (Crutzen/Stoermer 2000), das Zeitalter des Menschen (vgl. Ehlers 2008). Der Mensch ist danach zur beherrschenden Kraft auf dem Planeten geworden, nicht nur zivilisatorisch und ökonomisch, sondern auch, und darauf weist der Wortbestandteil „zän“ hin, in geologischen Dimensionen. Auf der Erde gibt es wohl keinen Ort mehr, auf dem nicht die Spuren des Menschen zu finden sind, und sei es über Emissionen und Schadstoffe in Ozeanen, Grundwasser, Atmosphäre und Böden. Ohne moderne Technik und ihre Folgen wäre diese Entwicklung nicht vorstellbar. Die mittlerweile weitverbreite Diagnose des Anthropozän macht die geradezu ungeheure Verantwortung des Menschen deutlich, der einzigen Spezies auf dem Planeten mit wenigstens der Fähigkeit zur übergreifenden Verantwortung, zu der auch die Verantwortung für Entwicklung, Nutzung und Entsorgung von Technik gehört (vgl. Jonas 1979).

In der Spannung zwischen der Notwendigkeit des weiteren technischen Fortschritts und dem Bewusstsein seiner Ambivalenz existieren beide Seiten

der Medaille gleichzeitig und nebeneinander: die erwünschten Folgen der Technik wie auch ihre Kehrseiten. Das eine ist nicht ohne das andere zu haben. Die vorausschauende Befassung mit den möglichen Folgen in ihrer ganzen Breite ist daher gefragt, um Illusionen und blindes *wishful thinking* zu vermeiden, um gut informierte und reflektierte Entscheidungen zu ermöglichen und um die verantwortliche Gestaltung des technischen Wandels und der Nutzung seiner Produkte zu befördern. Hier hat die Technikfolgenabschätzung ihren Platz. Sie antwortet auf einen Bedarf, der aus Gesellschaft und Politik heraus artikuliert wurde und wird. Ihre Arbeit muss sich daran bemessen lassen, ob und wie sie zur Befriedigung dieses Bedarfs beiträgt.

1.2 Warum und wozu dieses Buch?

Dieses Buch versteht sich als kompakte und möglichst verständliche Einführung in die Technikfolgenabschätzung, ihre Geschichte und Konzeptionen, ihre praktischen wie theoretischen Herausforderungen, ihre Möglichkeiten und Grenzen. Das Ziel ist, einfach formuliert, einen breiten Überblick zu geben. Dabei stehen die übergreifenden Zusammenhänge in Theorie und Praxis im Fokus, weniger Detailfragen von Methoden, Begrifflichkeiten oder im institutionellen Aufbau von TA-Einrichtungen. Fokussierende Beispiele oder Vertiefungen sind eingestreut, um allgemeine Sachverhalte zu illustrieren (vgl. das Verzeichnis vor Beginn des Buches). Anders als in den ersten Auflagen kann nun für Einzelfragen auf reichhaltige Fachliteratur zur TA und verwandten Bereichen verwiesen werden (z.B. Bösch et al. 2021a; Grunwald 2024a). Die mit diesem Buch verfolgten Ziele und seine Adressaten lassen sich folgendermaßen angeben:

(1) Die Technikfolgenabschätzung ist durch ihre Geschichte, ihre durchaus diverse Motivationslage (Kap. 2) sowie durch unterschiedliche praktische (Kap. 3) wie theoretische Zugänge (Kap. 4.) ein in sich selbst heterogenes Feld. Ein erstes zentrales Anliegen in diesem Buch ist, diese Vielfalt einerseits darzustellen, andererseits aber auch das Gemeinsame der TA inmitten dieser Vielfalt herauszuarbeiten (Kap. 4.2). Nur wenn dies gelingt, macht es Sinn, von *der* Technikfolgenabschätzung zu sprechen.

(2) Eine monografische und systematische Einführung in die TA in deutscher Sprache liegt außerhalb der vorigen Auflagen dieses Buches bislang nicht vor. Die Tatsache, dass die früheren Auflagen vergriffen sind, zeigt den Bedarf nach diesem Veröffentlichungstyp an. In der gegenwärtigen Situation, in der deutlich mehr vertiefende Literatur verfügbar ist, soll und kann diese Einführung auf themenfokussierte Fachveröffentlichungen weiterverweisen.

(3) Die Vielfalt der TA bringt es mit sich, dass unterschiedlichste Akteure in konkrete Projekte eingebunden werden müssen: Wissenschaftliche Disziplinen von der Philosophie über die Sozialwissenschaften bis hin zu den Technikwissenschaften, gesellschaftliche Stakeholder, Umweltinitiativen, Me-

1. Wegweiser durch das Buch

dien und Journalisten, politische Entscheidungsträger und Administration, Unternehmen und Verbände sowie Bürgerinnen und Bürger. Angesichts dieser Vielfalt soll die Einführung einen übergreifenden Referenzrahmen für die Partner der TA bereitstellen.

(4) Die Technikfolgenabschätzung hat Nachbarn und Verwandte, mit denen es thematische oder methodische Überlappungen bei auch unterschiedlichen Akzentsetzungen gibt. Dazu gehören etwa das *Responsible Research and Innovation* (RRI; vgl. von Schomberg/Hankins 2019), die Technikethik mit ihren Verzweigungen (vgl. Grunwald/Hillerbrand 2021), die *Science and Technology Studies* (STS), das *Technology Foresight* und auch Teile der Nachhaltigkeits- und Umweltforschung. Zu diesen Nachbarn soll die vorliegende Einführung Gemeinsamkeiten wie Komplementaritäten aufzeigen.

(5) Die gegenwärtige und zukünftige TA-Community ist ebenfalls Adressat des Buches. Die Einführung soll das *Capacity Building* der TA in Studium, Aus- und Weiterbildung fördern, die Lehre zur TA und benachbarten Feldern an Universitäten und Hochschulen unterstützen sowie betriebliche Bereiche informieren, in denen Erfahrungen aus der TA genutzt werden.

(6) Nicht zu vergessen ist zu guter Letzt die Dokumentation des inhaltlichen, konzeptionellen und methodologischen Standes und Fortschritts der TA. Gerade in der Abfolge der vier Auflagen dieser Einführung zeigt sich ihre dynamische Entwicklung in Wechselwirkung mit ihrem Umfeld und mit der Technikentwicklung, mit der Gesellschaft und auch den benachbarten wissenschaftlichen Disziplinen. Die Einführung soll den gegenwärtigen *State of the Art* bündeln und für die weitere Entwicklung der TA fruchtbar machen.

Insgesamt kann dadurch, so die Hoffnung des Autors, diese Einführung auch dazu beitragen, die Konsolidierung im Selbstverständnis der Technikfolgenabschätzung voranzutreiben, sowohl in ihrer Diversität, in Bezug auf den gemeinsamen Identifikationsrahmen als auch als problemorientierte und interdisziplinäre wissenschaftliche Community mit Beratungs- und Transferauftrag.

1.3 Charakteristika der Technikfolgenabschätzung

Die nächste Aufgabe ist die Charakterisierung des Gegenstandsbereichs dieses Buches – womit befasst es sich und womit nicht? Die TA ist *keine* wissenschaftliche Disziplin, die ganz selbstverständlich über einführende Literatur verfügt wie die Theoretische Festkörperphysik, das Staatsrecht oder die Betriebswirtschaftslehre. Einführungen zu derartigen Themengebieten enthalten das, was sich über lange Zeit und viele Debatten als erreichter, nach außen darstellbarer und an den wissenschaftlichen Nachwuchs weiterzugebender Stand des Wissens herausgebildet hat. Viele konzeptionelle, methodische und wissenschaftliche Elemente der TA, aber auch ihre Rolle in

der politischen und gesellschaftlichen Umsetzung sind hingegen angesichts ihres vergleichsweise jugendlichen Alters kontrovers. In Abwesenheit einer einvernehmlichen Definition der TA ist es nicht leicht, den Rahmen für die Einführung abzustecken.

Nun bedarf aber das Schreiben einer Festlegung der Inhalte, um die es gehen soll. Der Autor muss ja irgendwo beginnen. Naheliegender Ausgangspunkt ist die nominalistische Sicht: Gegenstand dieser Einführung sind die TA bzw. das Technology Assessment, also z.B. Institutionen, Projekte, Konferenzen, Publikationen und Studiengänge, die die TA im Namen tragen. Das ist sicher nicht schlecht, aber nicht gut genug, würden doch damit eng benachbarte Bereiche wie die Technikbewertung (vgl. VDI 1991) oder das bereits erwähnte RRI voreilig ausgeschlossen und die TA künstlich verengt. Von daher wird im Folgenden eine vorläufige *inhaltliche* Charakterisierung der TA im Vorgriff auf ihre genauere Bestimmung (Kap. 4.2) vorgenommen. Diese umgreift die mit der Bezeichnung TA erfassten Inhalte, erlaubt aber auch darüber hinaus Anknüpfungspunkte an weitere Bereiche.

Ausgangspunkt ist die Bedarfslage. Unter Rückgriff auf gängige Formulierungen in der TA-Literatur (vgl. z.B. Petermann 1992; Rip et al. 1995; Guston/Sarewitz 2002; Decker/Ladikas 2004; Grunwald 2019a; Böschen et al. 2021a) kann etwa folgendermaßen argumentiert werden: TA ist in einer zeitgeschichtlichen Situation als wissenschaftliche Reaktion auf politische und gesellschaftliche Problemwahrnehmungen zu komplexen Technikfolgenproblemen, Unsicherheiten, Konflikten und Orientierungsproblemen entstanden. Gesellschaft und Politik erwarten von der TA eine vorausschauende, konstruktive und verantwortliche wissenschaftliche Bearbeitung und Reflexion dieser Probleme, um durch Beratung Entscheidungsprozesse zu informieren. Diese knappe Beschreibung erlaubt die Herausarbeitung von vier Charakteristika der TA (in Erweiterung zu Grunwald 2007a):

(1) *Folgenorientierung*: Der primäre Gegenstandsbereich der TA sind *Folgen*.² Technikfolgen sind allerdings nicht einfach Folgen von Technik selbst, denn Technik hat keine Folgen an sich. Stattdessen sind Folgen von menschlichen Entscheidungen und Handlungen im Zusammenhang mit Technik gemeint, z.B. ihre Nutzung. Zur Besonderheit der TA gehören die Unterscheidung intendierter und nicht intendierter Folgen (vgl. Gloede 2007). Nicht intendierte Folgen müssen aufgrund ihrer zunehmenden Bedeutung (vgl. Beck 1996; Böschen et al. 2006) in das Analyse- und Bewertungskalkül aufgenommen werden, um eine aufgeklärte Abwägung zwischen erwarteten Vor- und befürchteten Nachteilen bzw. zwischen Chancen und Risiken zu ermöglichen.

(2) *Wissenschaftlichkeit*: Meist geht es in der TA um vorausschauende Folgenüberlegungen zu innovativen Technologien in hoher systemischer Kom-

2 Für einen genaueren Blick auf den Gegenstandsbereich der TA siehe Kap. 4.3.

1. Wegweiser durch das Buch

plexität mit vielen Wechselwirkungen. Bereits in den ersten politischen Nachfragen nach TA wurde daher auf die Notwendigkeit der *wissenschaftlichen* Befassung mit der Folgenthematik hingewiesen. Entsprechend hat sich die TA im Wissenschaftssystem entwickelt und unterliegt wissenschaftlichen Qualitätskriterien. Die Klärung von Standards wissenschaftlichen Arbeitens im Feld der TA (Kap. 4.4), die Entwicklung eines konsistenten Gerüsts von Grundbegriffen sowie die Reflexion der Erkenntnisbedingungen und -grenzen von Methoden gehören zur Wissenschaftlichkeit der TA.

(3) *Beratungsbezug*: Während die Wissenschaften erkenntnisorientiert, jedoch in Bezug auf gesellschaftliche Problemlagen handlungsentlastet sind, zielt die TA auf ein *Wissen zum Handeln*. Durch vorausschauende Folgenanalyse und -reflexion sollen bessere Entscheidungen ermöglicht werden. Damit soll die TA einen indirekten Beitrag zur Zukunftsgestaltung leisten. Über die Wissensproduktion hinaus geht es um Wissenstransfer und Wirkung (*Impact*), ob nun in der Politikberatung, im öffentlichen Dialog, in der Wirtschaft oder in direkter Beteiligung an der Technikentwicklung. Wirkung in der realen Welt zu erzielen, gehört zu den Erfolgskriterien der TA.

(4) *Öffentlichkeits- und Politikbezug*: TA operiert in einer *öffentlichen politischen Arena*. Es geht, so die TA-Literatur von Beginn an, um die gesellschaftliche Ebene im Umgang mit den Folgen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, also um die Unterstützung und Beratung der Meinungsbildung im öffentlichen Dialog und zur Entscheidungsvorbereitung auf der politischen Ebene. In der parlamentarischen TA als ihrem Ursprung ist dies paradigmatisch vorgegeben (Kap. 3.2.1). Die Beratung von Unternehmen oder Verbänden zur Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit und zur Mehrung von Marktchancen gehört nicht genuin zur TA (vgl. Sotoudeh 2021), auch wenn es im Methodenbereich Überschneidungen gibt (Kap. 3.5.1 und 3.5.2).

Diese vier Charakteristika und stehen zumindest nicht im Widerspruch zu vorliegenden Beschreibungen der TA:

„[Technikbewertung ist] das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen verstanden, das den Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert, unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt, aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert, Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet“ (VDI 1991; nach Rapp 1999: 222f.).

„[TA] is a wide category encompassing an array of policy analytic, economic, ethical, and other social science research that attempts to anticipate how research and research-based technologies will interact with social systems“ (Guston/Sarewitz 2002: 94f.).

„TA is a scientific, interactive, and communicative process which aims to contribute to the formation of public and political opinion on societal aspects of science and technology“ (Decker/Ladikas 2004: 14).

Damit stellen die genannten Charakteristika einen durch die TA-Literatur gestützten Vorgriff auf eine präzisere Definition der TA (Kap. 4.2) dar. Sie dienen als Einstieg zur Bestimmung und Beschreibung der Praxis der TA als empirisches Gegenstandsfeld dieses Buches (Kap. 3), auf dessen Grundlage eine theoretische Bestimmung der TA vorgenommen werden kann.

1.4 Voraussetzungen und Prämissen

Dieser Einführung liegen Voraussetzungen zugrunde. Andere Autoren und Autorinnen einer Einführung in die TA können sich in diesen Punkten durchaus anders positionieren:

(1) Die Grundannahme dieser Einführung, bereits oben kurz angeklungen, mag trivial klingen: Dass es überhaupt sinnvoll ist, ein Buch über *die* Technikfolgenabschätzung zu schreiben. Es war von der Vielfalt der TA die Rede, von ihren unterschiedlichen Orten von Parlamenten bis in die Entwicklungslabors technischer Forschungseinrichtungen, von den unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen, die zur Aufgabenerfüllung der TA erforderlich sind und von unterschiedlichen Akteuren, die in wiederum je verschiedener Weise eingebunden werden sollen, von Anwohnern technischer Infrastrukturvorhaben über lokale Entscheidungsbehörden und Stakeholder bis hin zu zukünftigen Generationen. Historisch findet sich dieses ganze Spektrum im Rahmen der TA-Literatur und im Selbstverständnis der TA-Community wieder, entsprechend trifft man sich auf Workshops und Konferenzen, im Netzwerk Technikfolgenabschätzung (NTA) und publiziert in Fachzeitschriften und Sammelbänden seit Jahrzehnten unter dem Label der TA (vgl. z.B. Wynne 1975; Paschen et al. 1978; Rip et al. 1995; Joss/Bellucci 2002; Nierling/Torgersen 2020; Grunwald 2019a; Bösch et al. 2021a; Grunwald 2024a). Vor dem Hintergrund dieser jahrzehntelangen Genese macht es zumindest historisch Sinn, über *die* TA zu sprechen (darüber hinaus vgl. Kap. 4.2).

(2) Die Darstellung der Technikfolgenabschätzung in diesem Buch erfolgt *problemorientiert*: Auf welche Herausforderungen soll sie eine Antwort geben? Dies entspricht einerseits der historischen Wahrheit: Die TA wurde seitens des US-amerikanischen Parlaments und der Öffentlichkeit nachgefragt und nicht aus den Wissenschaften heraus erfunden (Kap. 3.1). Andererseits ermöglicht dieser Zugang, die verschiedenen Ansätze der TA als Antworten auf die aus gesellschaftlicher oder politischer Sicht gestellten unterschiedlichen Fragen in unterschiedlichen Kontexten zu verstehen. So kann differenziert dargestellt werden, was die TA jeweils zur Lösung dieser Probleme beitragen kann, welche Möglichkeiten der Umsetzung genutzt werden können, welche Konzeptionen bislang für welche Zwecke entwickelt und eingesetzt wurden und wo ihre Grenzen liegen. In der vorliegenden Einführung steht daher die Praxis der TA am Beginn (Kap. 3), während die Theorie (Kap. 4) erst induktiv erschlossen wird (vgl. Grunwald 2019a).

1. Wegweiser durch das Buch

(3) Eine Prämisse dieser Einführung, die möglicherweise nicht in allen Bereichen der TA geteilt wird, ist die oben vorgenommene Charakterisierung durch Öffentlichkeits- oder Politikbezug mit Transparenzverpflichtung. In der TA-Debatte hat es demgegenüber immer wieder Ansätze gegeben, TA auch für Wirtschaft und Unternehmen fruchtbar zu machen (z.B. Malanowski et al. 2003). Ist dies in Fragen der Methodik sicher geraten, so besteht zwischen der demokratischen Aushandlung von Gemeinwohlaspekten und dem wettbewerblich orientierten Markthandeln ein kategorialer Unterschied. Er drückt sich insbesondere darin aus, dass im erstgenannten Feld Öffentlichkeit und Transparenz verpflichtend, im zweiten jedoch Privatheit und Eigentumsrechte entscheidend sind, auch an strategischem Wissen. Daher wird die TA im Einklang mit ihrer Entwicklung in diesem Buch in der öffentlichen und politischen Dimension verortet, nicht im privatwirtschaftlichen Bereich. Entsprechend sind ihre Themen etwa Umwelt- und Sicherheitsstandards, Rechte und Pflichten in der digitalen Wirtschaft, die Ausgestaltung von Transformationen wie der Energiewende oder die Integration ethischer Prinzipien in das Design von Robotern.

(4) Entstehung, Entwicklung und Nutzung von Technik wie auch das Zustandekommen der Entscheidungen im Zusammenhang mit Technik sind, und hiermit stellt sich die vorliegende Einführung in die sozialkonstruktivistische Tradition, grundsätzlich Ergebnis von Kommunikation, Deliberation und Entscheidung. Was entschieden wird, hätte auch anders entschieden werden können. Denn Technikgestaltung wird von Akteuren betrieben, mit ihren Interessen, Werten, Überzeugungen und Präferenzen. Da Gestaltung unterschiedlich laufen kann, unterliegt sie einer Argumentationsverpflichtung (vgl. Habermas 1988). Dies gilt bei Managemententscheidungen in der Wirtschaft dem Aufsichtsrat gegenüber genauso wie, näher an der TA, bei politischen Entscheidungen im demokratischen Raum den Bürgerinnen und Bürgern gegenüber. Die TA, zielt entsprechend auf die argumentative Ebene z.B. von Pro und Kontra, von Vor- und Nachteilen, von Gewinnern und Verlierern. In Folgenanalyse und -reflexion, mit Diskursanalysen und hermeneutischen Anstrengungen, in Abwägungen und Konflikten geht es letztlich darum, das beste verfügbare Wissen zusammenzubringen und dieses für die gesetzte Thematik fruchtbar zu machen.

(5) Schließlich, und dies schlägt die Brücke zum eingangs erwähnten Stichwort des Anthropozän (Fokus 1–1), sind sicher auch anthropologische Prämissen in diese Einführung eingegangen. Hierzu gehört, den *Homo responsibilis* (Grunwald 2021a) als die einzige bekannte Spezies auf dem Planeten Erde anzusehen, die Verantwortung auch über die Belange individuellen oder gruppenspezifischen Lebens, Überlebens und Machtstrebens hinaus übernehmen kann. Diese Fähigkeit wird zwar deutlich zu wenig genutzt, gerade angesichts der aktuellen Herausforderungen wie Klimawandel, Biodiversitätsverlust, Digitalisierung und Migration. Aber sie ist vorhanden –

daher gilt es, diese Fähigkeit zu entwickeln und stärker umzusetzen. Vieles hierzu ist im Gange, die Technikfolgenabschätzung gehört dazu.

1.5 Praktische Hinweise

Dieses Buch setzt keine speziellen Vorkenntnisse voraus. Das Interesse an der Technikfolgenabschätzung, an Technik und technischem Fortschritt mit den Folgen für Mensch und Gesellschaft, an der Mitgestaltung von Zukunftsfragen, an ethischen Fragen zu Wissenschaft und Technik, aber auch an Visionen wie auch düsteren Erzählungen zur Zukunft von Mensch und Technik sollten reichen, um das Buch mit Gewinn lesen zu können.

Das Buch konzentriert sich auf die großen Linien hinter der und in der Technikfolgenabschätzung und zielt auf dieses Verständnis im Sinne eines Überblicks. Hierzu gehören beispielsweise der Umgang mit einer offenen Zukunft und unsicherem Zukunftswissen in der TA, die Frage nach Demokratie und Technik oder die Herausforderung der Nachhaltigkeit für Technikentwicklung und -einsatz. Diese Einführung ersetzt kein Fachbuch und reicht nicht zu den fachlichen Details etwa in Methoden- oder Theoriefragen. Nächste Schritte bei vertieftem Interesse können sein: das Handbuch *Technikfolgenabschätzung* (Bösch et al. 2021a) oder das Handbook of Technology Assessment (Grunwald 2024a).

Das Buch ist im Wesentlichen als Fließtext geschrieben. Einige Tabellen und Diagramme bündeln bestimmte Teilbereiche und Aspekte der TA. Vertiefende Ausführungen, meist mit Beispielcharakter, in Form von fokussierten und textlich herausgehobenen Passagen lockern den Text auf. Ein Verzeichnis der Tabellen und Diagramme sowie der Fokusbeispiele findet sich nach dem Inhaltsverzeichnis, Literaturverzeichnis und Register am Ende des Buches.

Die Leserschaft dieses Buches dürfte aus sehr unterschiedlichen Bereichen kommen. Menschen in Aus- und Weiterbildung, die an Universitäten und Hochschulen mit der TA zu tun haben, Quereinsteiger aus anderen Bereichen in das Feld der TA, Praktiker, die im Rahmen partizipativer TA an Kooperationen beteiligt sind, Wissenschaftler aus anderen Disziplinen, Mitarbeitende in Ministerien und Behörden, und Menschen, die intellektuellem Interesse als wache Zeitgenossen einen Einblick suchen. Je nach Interessenlage werden die Leser etwas anders suchen bzw. beim Lesen andere Schwerpunkte setzen. Das Buch ist so angelegt, dass das kein Problem sein sollte. Wichtig für alle ist, dass die Motivationen der TA (Kap. 2) wahrgenommen werden, weil sich nur von ihnen aus das Feld erschließen lässt.

Einige Querschnittsthemen tauchen an mehreren Stellen in diesem Buch auf, jeweils in anderer Akzentuierung. Hierzu gehören etwa das Verhältnis von Technik und Nachhaltigkeit, der Umgang mit Zukunftswissen und die Rolle von Partizipation in der TA. Um die Textstellen jeweils für sich les-

1. Wegweiser durch das Buch

bar zu halten, war immer wieder eine gewisse Redundanz unvermeidlich. Ich habe versucht, ein mittleres Maß zwischen Redundanzen einerseits und Querverweisen innerhalb des Buches auf andere Kapitel oder Fokusbeispiele andererseits zu finden. Zu beurteilen, ob und inwieweit dies gelungen ist, obliegt der Leserschaft.

2. Erwartungen an die Technikfolgenabschätzung

Überblick

Um zu verstehen, was Technikfolgenabschätzung ist und was sie leisten soll, ist es erforderlich, zunächst den Problemhintergrund für ihre Entstehung zu schildern, denn daraus speisen sich die wesentlichen Erwartungen an TA. Dominantes Motiv ist sicher die bereits erwähnte Ambivalenz der Technik zwischen dem gewünschten Fortschritt einerseits (2.1) und nicht intendierten, häufig unerwarteten wie unerwünschten Nebenfolgen und Risiken andererseits (2.2). Häufig sind diese Situationen mit Gewinner/Verlierer-Konstellationen verbunden, welche Anlass zu teils heftigen Technikkonflikten geben (2.3). Die Diagnose einer bei weitem nicht nachhaltigen Entwicklung der Weltgemeinschaft hat den Wunsch nach Technikgestaltung zur Beförderung von Nachhaltigkeit mit sich gebracht (2.4.). Viertens ist als Hintergrund der TA die spätestens seit den 1960er Jahren geführte Debatte um eine mögliche Gefährdung der Demokratie durch Technokratie oder Expertenherrschaft zu nennen (2.5). Diese Herausforderungen kulminieren in den Ambivalenzen des Anthropozän (2.5). Daraus ergibt sich inmitten der Dialektik des technischen Fortschritts (2.6.1) eine heterogene, gleichwohl in den Konsequenzen konvergierende Menge an Erwartungen an die TA (2.6.2).

2.1 Technik als erwünschter Fortschritt

Technik war in der Kulturgeschichte der Menschheit stets ein entscheidendes Medium für Erfolg und Wohlstand. Ob die Nutzbarmachung neuer Materialien für die Werkzeugherstellung in der Frühzeit der menschlichen Kultur, eine überlegene Militärtechnik, Bewässerungstechnik in trockenen Gegenden, Transportkapazitäten, z.B. durch Schiffbau, langfristige Lagerung und Vorratshaltung von Nahrungsmitteln oder Vorhersage von astronomischen Konstellationen wie Sonnenfinsternissen: Stets waren das Wohl, die Überlebensfähigkeit, die Macht und auch der Wohlstand einer Gesellschaft verbunden mit ihren technischen Möglichkeiten. Diese Erfahrung macht es verständlich, dass technische Neuerungen angesichts ihrer als positiv und erwünscht angesehenen Folgen häufig als *Fortschritt* verstanden wurden und werden (vgl. Kornwachs 2021). Mit Technik wurde und wird in vielfacher Hinsicht das Versprechen eines besseren Lebens verbunden.

In der Europäischen Aufklärung wurden neben Bildung der wissenschaftliche Fortschritt und technische Kompetenz zum Schlüssel zur Befreiung von den Zwängen und Begrenzungen der Natur, für größere menschliche Autonomie und Selbstbestimmung und zur Befreiung von den kulturellen Beschränkungen vormoderner Gesellschaften. Der Philosoph Francis Bacon hat das Programm entworfen (vgl. Schäfer 1993; Ott 2013), die Natur mit Wissenschaft und Technik vollständig unter menschliche Kontrolle zu bringen und sich dadurch von Abhängigkeiten möglichst zu befreien (Fokus 2–1).

2. Erwartungen an die Technikfolgenabschätzung

Die Verbindung der Emanzipationsideale der Europäischen Aufklärung mit wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritten und der Industriellen Revolution verhalf dem technischen Fortschritt zu erheblicher Durchschlagskraft. Die gesellschaftsumwälzende Kraft der Technik wurde ab der Industriellen Revolution auf Basis von Steinkohle, Dampfmaschine und Stahlverhüttung sichtbar. Für die Emanzipation durch Technik werden häufig Beispiele wie Entlastung von körperlicher Arbeit durch Werkzeuge oder Maschinen, Mehrung von individuellem und gesellschaftlichem Wohlstand, bessere medizinische Versorgung, Gesundheit und Verlängerung der Lebensspanne, größere räumliche Reichweite durch technische Mobilität genannt, in Utopien seit Karl Marx immer wieder auch die Erlösung des Menschen von den Zwängen der Erwerbsarbeit. Zentraler Gedanke dieses Fortschrittsoptimismus war die Überzeugung, dass der technische Fortschritt immer auch ein sozialer, ein kultureller und letztlich auch ein moralischer Fortschritt nicht nur sein müsse, sondern dies auch tatsächlich sei.

In den letzten Jahrzehnten wurden neue Dimensionen der menschlichen Handlungsmacht durch Wissenschaft und Technik erschlossen. Die Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki, die erste Herzverpflanzung, die Apollo-Mondlandung, das erste Retortenbaby Louisa, das Klon-Schaf Dolly, Digitalisierung und Internet (vgl. Kap. 6), das genetische Editieren, autonome Roboter und künstliche Intelligenz (KI) markieren einige besondere Schritte. Gemeinsam ist diesen technischen Erfolgen die Zurückdrängung des Unverfügbaren. Was menschlichem Zugriff entzogen war und als unbeeinflussbare Natur oder Schicksal hingenommen werden musste, wird zum Gegenstand technischer Gestaltung nach von Menschen gesetzten Zwecken.

Die technische Gestaltung bezieht sich einerseits auf die äußere Welt. In hohem Maße wird die Erdoberfläche umgebaut, z.B. durch Landwirtschaft, Verkehrstrassen, Städte und Kanäle, Staudämme, Bergbau und Siedlungen. Besonders in Großstädten und *Megacities* ist zu spüren, dass Menschen längst nicht mehr in der ursprünglichen Umwelt, sondern in der sogenannten *Zweiten Natur* (Rath 1996) leben, einer technisch und kulturell geprägten Lebenswelt, die die Rahmenbedingungen für gutes und erfolgreiches Leben prägt. Die zunehmend globale Reichweite dieser Entwicklung führte zur Bezeichnung des gegenwärtigen Erdzeitalters als *Anthropozän* (Crutzen/Stormer 2000; Ehlers 2008; Fokus 1–1).

Fokus 2–1: Technische Kühlung des Erdklimas

Unter *Climate Engineering* (Caviezel/Revermann 2014) werden großtechnische Maßnahmen zur künstlichen Kühlung der Erde angesichts des laufenden Klimawandels verstanden. So könnte beispielsweise durch eine absichtliche Einbringung von Schwefel-Aerosolen in die obere Atmosphäre die Klimaerwärmung bekämpft werden. Denn diese Aerosole haben durch ihre Reflexion von Sonnenlicht in den Weltraum eine Kühlungswirkung, ähnlich wie bei großen Vulkanausbrüchen. *Climate Engineering* ist ein Beispiel für das erwähnte Bacon-Projekt der möglichst vollständigen Kontrolle

über die Natur. Während bis vor wenigen Jahrzehnten das Klima dem menschlichen Einfluss entzogen war und der seit etwa Mitte des 20. Jahrhunderts einsetzende Klimawandel nur eine *ungewollte* Folge menschlicher Wirtschaftsweise ist, zielt das *Climate Engineering* auf ein *absichtliches* Klimamanagement.

Andererseits wird auch die Innenwelt des Menschen dem technischen Zugriff erschlossen. Viele Krankheiten, die bis vor kurzem als Schicksal akzeptiert werden mussten, können geheilt oder erheblich gelindert werden. Zustände, die als Defizite empfunden wurden, aber nicht verändert werden konnten, wie z.B. ungewollte Kinderlosigkeit oder Schönheitsmakel, können heute medizintechnisch behandelt und teilweise beseitigt werden. Durch Exoskelette können in naher Zukunft gelähmte Menschen Formen der Fortbewegung neu erwerben, durch Retina-Implantate erblindete Menschen Sehfähigkeit zum Teil zurückgewinnen. Genetisches Editieren und Eingriffe in Reproduktionsvorgänge erlauben die technische Beeinflussung von Lebewesen bis zum Menschen, so etwa durch die Crispr-Cas-Technologie (vgl. Albrecht et al. 2021). In Ansätzen zur technischen Verbesserung des Menschen (Fokus 2–2) wird die technische Umgestaltung der Welt auf die biologische Verfasstheit des Menschen ausgedehnt (vgl. Grunwald 2021b, Kap. 7).

Fokus 2–2: Die technische Verbesserung des Menschen

Seit nunmehr über 20 Jahren wird eine Debatte um die technische Verbesserung des Menschen (*Human Enhancement*) geführt (vgl. Roco/Bainbridge 2002; Schöne-Seifert et al. 2009; Grunwald 2007b). Wenn es z.B. gelänge, menschliche Sinnesorgane wie das Auge technisch nachzubauen und sodann zu verbessern, z.B. durch Hinzufügung einer Zoom- oder Nachtsichtfähigkeit, könnte der Mensch sich von seiner evolutionär ererbten körperlichen Verfassung lösen und sich selbst zum Gegenstand technischer Gestaltung machen. Auch neue Sinnesorgane könnten erfunden und implementiert werden, so etwa um das Magnetfeld der Erde für Orientierungszwecke zu spüren. Das Gehirn könnte mit digitalen Mitteln aufgerüstet und mit direkten Schnittstellen zur Digitalwelt ausgestattet werden. Diese Überlegungen reichen bis hin zur Utopie, die Lebensspanne des Menschen nicht nur deutlich zu verlängern, sondern die Unausweichlichkeit des Todes in Frage zu stellen (Harari 2018).

So gesehen ist die Technikgeschichte in weiten Teilen eine atemberaubende Erfolgsgeschichte (vgl. Janich 1998). Technik ist zentraler Teil menschlichen Lebens und gesellschaftlicher Vollzüge zumindest in den industrialisierten Regionen der Welt geworden und hat in vielen Fällen eindeutig positive Folgen gezeigt – jedenfalls für den Teil der Erdbevölkerung, der, vor allem im Globalen Norden, Zugang zu ihren Vorteilen hat. Die Bekämpfung von Krankheiten, die Steigerung des Wohlstands, die Sicherung der Versorgung mit Nahrungsmitteln, die Ermöglichung globaler Mobilität und Kommunikation und der Schutz vor vielen Gefahren der Natur sind Folgen von Technik und Technisierung, die unabhängig von jeder Technikkritik festzuhalten sind.

2. Erwartungen an die Technikfolgenabschätzung

Die Erfolge sind so beeindruckend, dass vielfach eine gewisse Technikgläubigkeit (Fokus 2–3) eingekehrt ist, die auch in Ansehung der Schattenseiten der Technik (Kap. 2.2) weiterbesteht. Zumindest besteht ein *Primat des technischen Denkens*: sobald Probleme auftreten, wird nach reflexartig nach *technischen* Lösungen gerufen (Techno-Solutionismus), während andere Strategien, etwa Änderungen im menschlichen Handeln, der Wirtschaftsordnung oder neue politische Regulierungen tendenziell schlechter zu thematisieren sind

Fokus 2–3: Technikgläubigkeit

Die Lösung vielfältiger gesellschaftlicher und individueller Probleme wurde und wird vielfach vom zielgerichteten und erweiterten Einsatz von Technik erwartet, während andere Optionen der Problemlösung häufig gar nicht in den Blick genommen werden. Beispielsweise wird in Krankheitssituationen oft lieber auf Technik zurückgegriffen, sprich Medikamente oder eine Operation, als den Lebenswandel zu ändern. Hilfe für Länder des Globalen Südens besteht häufig im Technikexport aus industrialisierten Ländern statt gemeinsam nach anschlussfähigen Wegen und sozialen Innovationen als Hilfe zur Selbsthilfe zu suchen. Oft scheint der Gedanke verlockend, dass mit Technik die Probleme auf eine Weise gelöst werden könnten, sodass Menschen und Gesellschaften sich im Großen und Ganzen nicht ändern müssten. Beispielsweise wird seit Beginn der Klimadebatte vor über 40 Jahren vor allem der technische Fortschritt als Problemlöser bemüht, etwa im Setzen auf eine Effizienzrevolution (vgl. von Weizsäcker et al. 2010), neuerdings unterstützt durch KI. Andere Maßnahmen wie Verhaltensänderungen und Regulierungen werden zwar immer wieder vorgebracht, finden jedoch entweder wenig statt oder rufen gar Abwehr hervor.

2.2 Nicht intendierte Folgen: Risiken und Nebenwirkungen

Leider bleibt es oft nicht bei den angenehmen Folgen der Technik. Problematische Folgen zeigten sich bereits im Altertum und Mittelalter, etwa nach der Abholzung mediterraner Waldgebiete durch die Römer und Venezianer für den Schiffbau und die Fundamente Venedigs. Die Verkarstung ganzer Bergregionen ist heute noch sichtbar. In der Industriellen Revolution waren gesundheitliche Probleme für die Arbeiter, etwa in Bergwerken und Stahlhütten, unübersehbar und sind dies nach wie vor in vielen Bereichen der Welt, so etwa im Kobalt-Bergbau im Kongo. Die Problematik von Risiken und Nebenwirkungen, die aus dem medizinischen Bereich geläufig ist, gilt im Grundsatz auch für Technikfolgen. Freilich ist die Rede von Nebenwirkungen oft verharmlosend und kann auf Betroffene sogar zynisch wirken (vgl. Gloede 2007). Daher spricht die TA von *nicht intendierten Folgen*: Sie sind nicht beabsichtigt, häufig nicht vorhergesehen, treten oft mit Zeitverzögerung auf und sind leider meist unerwünscht wie etwa das Ozonloch (Fokus 2–4).

Fokus 2–4: Das Ozonloch als nicht intendierte Technikfolge

Die Ursachen des sogenannten Ozonlochs reichen bis in die 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück (vgl. Harremoes et al. 2002). Emissionen von Fluorchlorkohlen-

Sachregister

A

Akzeptanzbeschaffung 82, 226, 227, 229
Ambivalenz der Technik 19, 29, 50, 51, 55,
57, 61, 64, 223, 238, 248
Anpassungszwang 37
Anthropologie 216
Anthropomorphisierung 219
Anthropozän 20, 26, 29, 30, 51–53, 75,
221, 244, 245, 247–250
Antizipation 57, 103, 111–117, 119, 120, 125,
127, 149, 156, 162, 163, 166, 183, 192, 195,
236, 241, 246
Asbest 35, 98
Automation Bias 197, 208, 215
Automatisierungs-Paradox 205

B

Begleitforschung 71, 72
Bewertung, ethische 47, 125, 139

C

ChatGPT 192, 194, 214–216
Citizen Science 162, 231
Climate Engineering 30, 31, 67, 69, 76,
131, 179, 180
Collingridge-Dilemma 72, 92, 183, 187,
188, 222, 242
Constructive Technology Assessment 86,
90, 106

D

De-Skilling 204, 208
Deep Fake 193
Delphi 156, 167, 168
Demokratie
– deliberative 78, 80, 82, 113, 196, 232,
240, 250
– repräsentative 79, 82
Demokratisierung 50, 93, 106, 157, 222,
223
Deutscher Bundestag 63, 68, 69, 96, 115,
153, 172, 194, 213, 215, 218, 223, 244
Dialog, öffentlicher 24, 67, 115
Digitaler Determinismus 38, 190, 222

Digitalisierung 19, 26, 30, 36–39, 41, 48,
50, 52, 55, 58, 69–71, 76, 87, 96, 121,
140, 162, 176, 177, 185, 189–192, 194, 197,
199–201, 203, 204, 206–211, 216, 217,
222, 223, 234, 238, 242, 248
Diskursanalyse 26, 132, 157, 178, 179
Disruption 34, 189, 194, 197–201, 203–210

E

Endlager 42, 43, 78, 81, 117, 172, 176
Energieszenarien 112, 135, 182
Energieversorgung 40, 52, 62, 88, 118,
135, 165
Energiewende 26, 42, 55, 66, 73, 78, 83,
120, 167, 230
Epistemologie 117, 124, 134, 135, 137, 246
Erkenntnisinteresse 108, 110–112, 115, 116,
154, 220, 228, 229, 231, 243–245, 247
Erkenntnistheorie 103, 117, 124, 127, 134,
246
Ethikrat 71, 118, 190, 191, 200, 201, 204,
205, 208, 211, 219, 233
Europäisches Parlament 67, 68, 224

F

Filterblase 191, 202, 203, 233
Fokusgruppe 169, 172
Folgenforschung 44, 50, 100, 221, 225,
233
Fortschritt 19, 20, 27, 29, 30, 32, 33, 37,
39–41, 45, 49–51, 53, 54, 57–59, 61,
63–65, 95, 96, 105, 120, 133, 147, 189,
191, 212, 217, 226, 234, 245, 246, 248
Fortschrittsoptimismus 20, 30, 33, 50,
60, 216, 246

G

Genetisches Editieren 31
Gentechnik 44, 77, 143
Gesellschaftsberatung 59, 67, 106, 136
Gesundheitssystem 67, 73, 241, 243
Globaler Süden 20, 32, 35, 45, 66, 76, 177
Global Technology Assessment 238, 239

Sachregister

H

Handlungsoptionen 37, 39, 53, 55, 68,
149, 154, 157–160, 166, 170
Handlungswissen 124–126
Health Technology Assessment 65, 66,
73, 74
Hermeneutisches Wissen 103, 108, 124,
126, 178
Honest Broker 229–231
Horizon Scanning 96, 183, 195
Human Enhancement 31, 118, 180, 223

I

Impact 24, 64, 95, 107, 111, 161, 221, 224,
225, 230, 231, 236
Infrastruktur 153, 240, 249
Inklusion 55, 79, 80, 103, 109–111, 113–116,
134, 137, 138, 140, 143, 144, 149, 153, 162,
168, 172, 177, 183, 223, 233, 236, 241,
246, 250
Innovation 19, 22, 40, 47, 59, 65, 73, 92,
97, 98, 100, 101, 105, 122, 197, 222, 224,
226, 230, 235, 237, 238, 240, 241, 246
– Innovationsanalyse 97
– Innovationsorientierung 96, 243
Interdisziplinär 22, 65, 97, 148, 158, 176,
182, 211, 235, 236
Internetplattform 192

K

Kernenergie 43, 45, 49, 76, 77, 123, 128,
142, 175, 176, 197, 210, 229
Klimawandel 20, 26, 30, 31, 33–35, 41,
51–53, 70, 74–76, 142, 167, 177, 184, 198,
209, 223, 235, 239, 241, 248, 249
Ko-Design 94, 162, 231
Ko-Evolution 92, 143
Komplexitätsmanagement 87, 103, 111,
114–116, 162, 173
Konsensuskonferenz 78
Konsequentialistisch 112, 127–131, 133,
167, 180, 182, 187
Konsum 46, 51, 52, 73, 74, 82, 120, 146,
157, 163, 191, 206
Kontextualisierung 108
Kritisierbarkeit 135–138, 228, 231
Künstliche Gefährten 211, 213, 218

L

Lebensstil 36, 46, 51, 146, 163, 243, 249
Legitimation 43, 77, 83, 110, 116, 134,
136–138, 152, 168, 171, 226, 227
Lehre 22, 57, 89, 131, 210, 235, 237, 238,
248
Leitbild 78, 92, 100, 133, 139, 201, 244, 249
Letztkontrolle 211, 212
Life Cycle Assessment 47, 173, 183

M

Mediation 78, 84
Menschenbild 36, 43, 80, 165, 216, 219,
220
Modellierung 156, 158, 164, 165, 184, 186

N

Nachhaltigkeit 27, 29, 45, 47, 55, 65, 73,
87, 91, 94, 99, 100, 103, 105, 107, 113, 117,
120, 126, 131, 135, 139–141, 144, 145, 157,
171, 173, 177, 181, 193, 194, 220, 222, 224,
233, 241, 244, 249, 250
– Nachhaltige Entwicklung 29, 45, 47,
48, 55, 65, 66, 72, 73, 75, 84, 88, 93,
98, 99, 110, 145, 157, 177, 192, 221,
224, 228, 248, 249
– Nachhaltigkeitsbewertung 46, 47, 100,
147, 176
– Nachhaltigkeitsregeln 146, 148
Nanotechnologie 41, 44, 67, 69, 71, 72,
93, 100, 121, 122, 131, 133, 180, 193, 210,
238, 242
Nebenfolgen 20, 29, 52, 119, 250
Neutralität 61, 76, 77, 227
NIMBY-Phänomen 78, 81
Normativität 106, 107, 139, 142

O

Objektivität 77
Office of Technology Assessment 57, 60,
69
Ökobilanzierung 154, 173
Online-Partizipation 84, 172, 196
Ontologie 117
Orientierungswissen 76, 124, 125
Ozonloch 32, 33, 35, 119

P

Pandemie 50, 71, 128, 159, 160, 164, 166,
172, 194, 196, 198, 210, 233, 235, 240,
243, 244
Pflegerobotik 69, 118, 213, 224
Planungsoptimismus 94
Politikberatung 24, 57, 59, 60, 67, 68,
75–77, 94, 101, 106, 109, 113, 115, 137,
139, 140, 143, 186, 227, 228, 239
Pragmatistisch 59, 79, 80, 139, 140
Produktgestaltung 82, 95
Prognose 107, 130, 226
Prognose-Optimismus 87
Projektdesign 149, 151
Projektforschung 149

Q

Qualitätskriterien 24, 105, 124, 227, 230,
233, 236
Qualitätssicherung 74, 135, 139, 143, 150,
157
Quantifizierung 156

R

Rationalität 86, 116, 136, 245
Reallabor 213
Rebound-Effekt 46
Reflexive Modernisierung 102, 104, 110,
245
Reflexivität 98, 109, 110, 112–116, 122, 124,
139, 152, 155, 159, 220, 231, 233, 234,
243–245
Relevanzentscheidung 154
Resilienz 39, 53, 69, 176, 177, 241, 243,
244
Responsible Research and Innovati-
on 22, 73, 92, 100
Risiko 48, 54, 80, 105, 129, 134, 147, 152,
154, 175, 176, 181, 206, 224, 240–242
– Risikoanalyse 156, 175, 176
– Risikobewertung 142, 176
– Risikogesellschaft 51
Roboter 30, 37, 189, 200, 211–214, 218, 219

S

Science and Technology Studies 22, 237

Sicherheitsstandard 26, 175, 235, 236
Simulation 85, 129, 156, 162, 164
Soziale Epistemologie 117, 124, 134, 137,
246
Sozialkonstruktivismus 26, 87, 90, 106
Sozio-epistemisch 113, 116, 134, 137, 158,
229, 233, 236
Stakeholder 21, 25, 65, 76, 80, 82, 157, 169,
177, 179, 195
Standortfrage 42, 78, 81, 175
Stoffstromanalyse 237
Systemgrenzen 114, 138, 142, 149, 152, 154,
174
Systemwissen 124, 125, 149, 186
Szenariotechnik 129

T

Technikbewertung 23, 24, 63, 88, 89, 98,
117, 141, 142, 146, 177, 241
Technikdeterminismus 38, 48, 59, 107,
222, 223, 247, 249
Technikfolgen
– intendierte 33, 35, 89, 99, 241
– nicht-intendierte 19, 20, 23, 29, 32, 33,
35, 39, 42, 48, 51–54, 57, 59, 61, 64,
86, 89, 92, 94, 98, 99, 112, 118, 123,
140, 191–193, 196, 197, 221, 222, 224,
226, 239, 241, 246, 248, 249
Technikfolgenabschätzung
– globale 19, 30, 31, 33, 34, 45, 48, 51, 53,
65, 75, 76, 119, 141, 143, 145, 146, 164,
189, 190, 193, 195, 202, 203, 232–234,
238–241, 243, 247–250
– hermeneutische 26, 79, 103, 108, 123,
124, 126, 131–134, 144, 162, 178,
180–182, 231
– parlamentarische 19, 24, 55, 62–64,
66–68, 70, 76, 79, 113, 159, 161, 195,
223, 229, 232, 235, 239, 240
– partizipative 27, 50, 57, 66, 77–86,
106, 109, 113, 119, 134, 138, 144, 148,
150, 156, 168, 169, 172, 179, 196, 210,
221, 224, 232, 239, 249
– systemanalytische 86–88, 92, 94, 114,
115
Technikgenese 92
Technikgestaltung 26, 29, 47, 55, 57, 67,
73, 75, 81, 86, 88–92, 94, 95, 97, 101,

Sachregister

107, 109, 110, 115, 141, 145, 147, 148, 212, 221, 223, 224, 229

Technikgläubigkeit 32, 210, 223, 247

Technikkonflikt 29, 42, 43, 45, 54, 80, 108, 112, 132, 157, 179, 184, 188

Technikkritik 31, 107, 226, 227

Technokratie 29, 48–50, 222, 233

Technologiefrüherkennung 95

Technology Governance 221, 237

Think Tank 49, 57, 59–61, 235

Transdisziplinär 84, 137, 151, 152, 157, 158, 162, 171, 185, 186, 214, 224, 235

Transformation* 19, 84, 88, 165, 171, 189–194, 197–199, 202, 204, 210, 222, 231, 235, 247, 248

Transparenz 26, 77, 87, 115, 116, 135, 136, 138, 143, 144, 155, 171, 177, 179, 210, 223, 228, 231, 249

Trend 38, 69, 96, 97, 128, 135, 157, 163, 164, 166, 194, 244

Twin Transformation 194

U

Überwachungsstaat 36, 49

Unabhängigkeit, wissenschaftliche 67, 68, 77, 94, 137, 160

Unsicherheit 43, 47, 98, 143, 174, 187, 209

V

Value Sensitive Design 90, 237

Verallgemeinerbarkeit 138, 143, 183, 185, 186

Verantwortung 20, 26, 37, 41, 51, 54, 89, 98, 99, 101, 110, 112, 171, 192, 205–207, 210, 220, 225

Verein Deutscher Ingenieure 88

Vision Assessment 93, 131, 180, 181

Visionen 27, 86, 92, 93, 112, 117, 121–123, 129–133, 180–182, 188

Vorausschau 59, 64, 78, 95, 97, 115, 163, 194

Vorsorge 34, 39, 57, 110, 163, 164, 209, 241, 243, 244

– Vorsorgeprinzip 54, 143, 147, 242

Vulnerabilität 39, 176, 243, 244

W

Wertbaum 170, 179, 180

Wertewandel 144, 157, 159

Werturteilsfreiheit 77, 107

Wissenschaftskommunikation 138, 160, 161, 166, 167

Wissenschaftssystem 24

Wissensintegration 149, 157, 158

Wissenstransfer 24, 149, 160–162, 166, 229, 236

Wissenstypen der TA 124, 126

Z

Zivilgesellschaft 50, 55, 65, 93, 152, 228, 235

Zukunftswissen 27, 103, 106, 120, 125–127, 129, 137, 143, 163, 165, 167, 186