

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

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

Abbildungsverzeichnis

Abb. 4–1:	Der theoretische Rahmen der TA (Quelle: Grunwald 2019a: 86, modifiziert)	111
Abb. 4–2:	Das konsequentialistische Schema der TA (Quelle: modifiziert nach Grunwald 2012)	127
Abb. 5–1:	Situationsanalyse und Projektdesign (Quelle: Decker/Ladikas 2004: 16)	151

Tabellenverzeichnis

Tab. 4–1:	Wissenstypen der TA (Quelle: frei nach Grunwald 2019a: 112)	126
Tab. 4–2:	Nachhaltigkeitsregeln im integrativen Konzept (Quelle: Kopfmüller et al. 2001: 172)	146

Verzeichnis der Fokusbeispiele

Fokus 1–1:	Das Zeitalter des Menschen – Anthropozän	20
Fokus 2–1:	Technische Kühlung des Erdklimas	30
Fokus 2–2:	Die technische Verbesserung des Menschen	31
Fokus 2–3:	Technikgläubigkeit	32
Fokus 2–4:	Das Ozonloch als nicht intendierte Technikfolge	32
Fokus 2–5:	Die Asbestgeschichte	35
Fokus 2–6:	Überwachungsstaat	36
Fokus 2–7:	Der digitale Determinismus	38
Fokus 2–8:	Abhängigkeit von digitalen Technologien	39
Fokus 2–9:	Ambivalenz medizinischer Früherkennung	40
Fokus 2–10:	Gewöhnung an digitale Assistenzen	41
Fokus 2–11:	Standortfragen und das NIMBY-Problem	42
Fokus 2–12:	Der Konflikt um ein Endlager für Atom Müll	43
Fokus 2–13:	Passagierflugzeuge als fliegende Bomben	44
Fokus 2–14:	Der am Beispiel Automobil	46
Fokus 2–15:	Prospektives für neue Batterietypen	47
Fokus 2–16:	Das Vorsorgeprinzip	54
Fokus 3–1:	Fortschritt in den 1920er Jahren	58
Fokus 3–2:	Die RAND Corporation	60
Fokus 3–3:	Edward Kennedy zur TA	62
Fokus 3–4:	Technikfolgenabschätzung in Japan	63
Fokus 3–5:	Fachzeitschriften der Technikfolgenabschätzung	65
Fokus 3–6:	Wissenschaftliche Fachvereinigungen	66
Fokus 3–7:	TA am Europäischen Parlament	68
Fokus 3–8:	TA für den Deutschen Bundestag	69
Fokus 3–9:	TA in den USA nach dem Ende des OTA	69
Fokus 3–10:	Der Deutsche Ethikrat	71
Fokus 3–11:	Ethische Folgenbetrachtung im Labor	72

Fokus 3–12:	Forschung für nachhaltige Entwicklung	72
Fokus 3–13:	Der Weltklimarat (IPCC)	75
Fokus 3–14:	Die partizipative Suche nach einem Endlager	81
Fokus 3–15:	Partizipation bei der Planung von Windparks	83
Fokus 3–16:	Systemanalytische TA zur Zementherstellung	87
Fokus 3–17:	Technikbewertung im Verein Deutscher Ingenieure	88
Fokus 3–18:	Subventionierung erneuerbarer Energien	91
Fokus 3–19:	Visionen zum 3D-Druck	93
Fokus 3–20:	Fokus 3–20: <i>Horizon Scanning</i>	96
Fokus 3–21:	Innovations- und Technikanalyse	97
Fokus 3–22:	Die Wirtschaft und die TA	99
Fokus 3–23:	Die Ökoeffizienzanalyse der BASF	99
Fokus 4–1:	Theorie und Praxis in der Physik	104
Fokus 4–2:	Experten-TA ohne direkte Partizipation	113
Fokus 4–3:	Haupt- und Nebenfolgen des Ozonlochs	119
Fokus 4–4:	Die Zukunft existiert nicht	119
Fokus 4–5:	Anfänge der Bedeutungsdebatte zur Nanotechnologie	122
Fokus 4–6:	Wissen für den Bau einer Brücke	125
Fokus 4–7:	Vom Veralten der Zukunft	128
Fokus 4–8:	Divergierende Visionen zur Nanotechnologie	131
Fokus 4–9:	Die autogerechte Stadt	133
Fokus 4–10:	Transparenz von Energieszenarien	135
Fokus 4–11:	Kann es TA nur in demokratischen Staaten geben?	140
Fokus 4–12:	Bewertungsdivergenzen zur Kernenergie	142
Fokus 4–13:	Wertewandel durch neue Technologien	144
Fokus 4–14:	Nachhaltigkeitsregel zur Gesundheit	146
Fokus 4–15:	Nachhaltigkeitsregel zu nicht erneuerbaren Ressourcen	147
Fokus 5–1:	Die Magnetschwebbahn Transrapid	153
Fokus 5–2:	Systemgrenzen in der Ökobilanzierung	154

Fokus 5–3:	Wissensintegration für Mobilität	157
Fokus 5–4:	Handlungsoptionen zur Kernfusion	159
Fokus 5–5:	Das Vorsorge-Paradox	163
Fokus 5–6:	Modellbasierte Klimazukünfte	164
Fokus 5–7:	Öffentliche Kommunikation mit Szenarien	166
Fokus 5–8:	Normative Szenarien in der Klimapolitik	167
Fokus 5–9:	Fokusgruppen als Partizipationsformat	169
Fokus 5–10:	Online-Partizipation zur Endlagersuche	172
Fokus 5–11:	Risikobewertung kerntechnischer Anlagen	176
Fokus 5–12:	Nachhaltigkeitsbewertungen in Nexus-Konstellationen	177
Fokus 5–13:	Lernen für die Gegenwart	180
Fokus 5–14:	Der quantitative Wert qualitativer Größen	184
Fokus 5–15:	Reallabore als Orte der Forschung	186
Fokus 6–1:	Digitale öffentliche Kommunikation	190
Fokus 6–2:	Energieverbrauch der Digitalisierung	194
Fokus 6–3:	Anpassungsprobleme in der Mensch-Roboter-Interaktion	200
Fokus 6–4:	Das Automatisierungs-Paradox	205
Fokus 6–5:	Risikokommunikation und Vertrauen	210
Fokus 6–6:	Pflegerobotik	213
Fokus 6–7:	Die weltweit erste TA-Studie zu ChatGPT	215
Fokus 6–8:	Der unterlegene Mensch	217
Fokus 6–9:	Der Deutsche Ethikrat zu KI	219
Fokus 7–1:	Die Wirkung der TA am Deutschen Bundestag	223
Fokus 7–2:	Interdisziplinäre Festlegung von Sicherheitsstandards	235
Fokus 7–3:	Lehre zur Zukunft der Innovation	238
Fokus 7–4:	Das Resilienz-Radar am TAB	244

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.

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 Energieüberflussgesellschaft 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-

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 einfache 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.

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).

(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-