

Gerhard Banse

## Der Lebenszyklus von Technologien im Rahmen der Allgemeinen Technologie II

### 1 Lebenszyklen und Zeitdimension

Die Betrachtung von Lebenszyklen bedeutet immer auch die Berücksichtigung der Zeit-Dimension (siehe Abb. 1). Damit ist zunächst ein (genereller) *Zeitbezug* als grundsätzliche Bindung von (technischen) Vorgängen an die Zeitdimension gemeint (etwa Dynamik; Veränderung, Entwicklung; Geschwindigkeit, Tempo; Beschleunigung, Verlangsamung). Erfasst ist damit prinzipiell auch ein möglicher *Zeitverlust* (z. B. bei Entscheidungen, Wirksamwerden von Maßnahmen).

Der Zyklus von Technologien kann einerseits als (geplanter, planvoller, zielgerichteter, ...) Ablauf, andererseits als lediglich „zeitabhängiges“ Ge-



Abb. 1: Phasen des Lebenszyklus technischer Sachsysteme

Eigene Darstellung

schehen verstanden bzw. interpretiert werden.<sup>1</sup> Lebenszyklen in der Technik können „kurzzeitig“ (Tage oder Wochen) sein, zumeist sind sie „mittelzeitig“ (Jahre oder Jahrzehnte), aber auch „langzeitig“ (Jahrhunderte oder mehr). Diese Zeit-Dimension hat auch Einfluss auf die Möglichkeit umfassender Lebenszyklusanalysen und -bewertungen. Nun geht es aber bei der Zeit-Dimension nicht nur um die Gesamtdauer eines Lebenszyklus, sondern wichtig und deshalb zu beachten sind weitere zeitliche Aspekte, die hier lediglich unkommentiert aufgelistet seien (zumal sie in den nachfolgenden Beiträgen in unterschiedlicher Weise thematisiert werden):

(a) *Zeitpunkt*

- des Auftretens bzw. Eintretens bestimmter Faktoren, Bedingungen, Situationen usw.;
- des Wirksamwerdens bestimmter technischer Lösungen, rechtlicher Regelungen, ökonomischer Mechanismen usw.;
- des Erkennens bestimmter Phänomene, Zusammenhänge, Beziehungen usw.;
- des Formulierens bestimmter Ziele, Optionen, Präferenzen usw.;
- des Zusammentreffens ereignisauslösender Ursachen;
- einer Entscheidung (als Abbruch von kognitiven, normativen, prozeduralen und kommunikativen Akten).

(b) *Zeit, „lauf“*

- als *Zeitdauer*
  - Grundlage für die Wahrnehmung, Identifizierung, Analyse, Bewertung usw. von (tatsächlichen oder möglichen) Handlungsfolgen;
  - Bedingung für die „Evolution“ von Folgen (z. B. von Produktionsergebnissen) oder ereignisauslösender Faktoren (z. B. Gewöhnung, Kumulation);
  - Moment des „Folgen-Managements“ (z. B. Training, Limitierung, rechtliche Regelungen);

---

1 Letzteres zeigt sich häufig in bzw. bei Pannen, Havarien oder gar Unfällen im Bereich der Technik, denn dann „wird vor allem der Verlust von Kontrolle über solche Zusammenhänge erfahren, deren Beherrschung man angenommen hatte“ (Vester 1988, S. 746). Bisher nicht bekannte oder bislang unberücksichtigt gebliebene Eigenschaften und Verhaltensweisen von Systemen und ihren Elementen, Randbedingungen für Funktionsfähigkeit und Betriebssicherheit, ungeprüfte oder unüberprüfbare Annahmen hinsichtlich Funktionszusammenhängen oder Belastungsfähigkeiten (etwa in extremen Situationen) sowie Inkompatibilitäten im Mensch-Maschine-System werden im Unfall *schlagartig* aktualisiert, mit teilweise nicht beherrschbaren Abläufen.

- als *Zeitspanne* (z. B. Entwicklungszeit, Projektdauer, Reaktionszeit, Stabilität eines Systems);
- als *Zeitverlauf* (z. B. in Form kontinuierlicher oder diskontinuierlicher Abläufe, zunehmender oder abnehmender Aktivitäten, kumulierender oder synergetischer Effekte);
- als *Zeitfenster* (bewusst oder unbewusst zeitlich begrenzter „Ausschnitt“ der „Wirklichkeit“, z. B. als Planungs„horizont“);
- als *Zeitrhythmus* (z. B. im Zusammenhang mit periodischen Prozessen – z. B. Wartung – oder menschlichen Fehlleistungen);
- als *Zeitdruck* (z. B. im Rahmen von Handlungsabläufen bei Projektierungs- und Montagephasen).

(d) Zeit, „*gestaltung*“

„Kalkulation“ bzw. (bewusste) „Beeinflussung“ zukünftiger Ereignisse oder deren Folgen auf der Basis vergangener (beobachteter, analysierter, ...) Ereignisse und ihrer Folgen, theoretischer Einsichten und Erwägungen sowie vermuteter (möglicher) zukünftiger Effekte.

(e) (individuelle) *Eigenzeit*

„Hintergrund“ für die Wahrnehmung und Einordnung von Ereignissen, die Planung von Notwendigem, die Wertung von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft usw. (auch als „*Zeitgefühl*“ und „*Zeitverständnis*“).

Soweit kurz zur (mehr oder weniger formalen) Zeitdimension bei Lebenszyklus-Analysen. Führt man diese zum „Assessment“ weiter, beinhalten sie (auch) (Technik-)Bewertungen als mehr oder weniger systematisches und weitgehend umfassendes Erfassen (Beschreiben) und Beurteilen (Bewerten) der Voraussetzungen sowie der Nutzungs- und Folgedimensionen (Wirkungen) technisch instrumentierten Handelns unter gesellschaftlichen, politischen, ökonomischen, ökologischen, technischen, wissenschaftlichen, militärischen und humanen (einschließlich ethischen) Aspekten in praktischer Absicht und nachvollziehbarer Weise (vgl. VDI 1991).

## 2 Technikbewertung

Technikbewertung („Technology Assessment“, Technikfolgenabschätzung, Technikfolgenbeurteilung)<sup>2</sup> umfasst

---

2 Ausgangspunkt ist die angelsächsische Begriffsbildung „Technology Assessment“, die zu Beginn der neunzehnhundertsiebziger Jahre in den USA zur Kennzeichnung eines Kon-

- (1) die themen- und entscheidungsorientierte „Bündelung“ des verfügbaren Wissens;
- (2) das Erkennen von Technisierungsfolgen für das individuelle und soziale Leben einschließlich der Behandlung dabei auftretender kognitiver Probleme;
- (3) die Beurteilung dieser Technisierungsfolgen hinsichtlich ihrer Akzeptabilität (Wünschbarkeit) einschließlich der Behandlung dabei auftretender normativer Fragestellungen.<sup>3</sup>

Unterstellt ist dabei, dass Technikfolgen stets Folgen des technikgestützten Handelns unterschiedlicher Handlungssubjekte, Akteure sind, und dass es angesichts der quantitativen wie qualitativen Dimension dieser Technikfolgen gerechtfertigt ist, sie – möglicherweise im Unterschied zu anderen Effekten sozialen Handelns – einer spezifischen systematischen Denkbemühung in Form von TA zu unterziehen.

Technikbewertung versucht, zwei miteinander verbundenen (weil aufeinander bezogenen) Anliegen gerecht zu werden (vgl. Gethmann/Grunwald 1996, S. 12ff.): *erstens* die entscheidungsbezogene Erstellung einer Zusammenschau sowohl des aktuellen technischen Entwicklungsstandes, der vorhandenen Handlungsoptionen und ihrer mutmaßlichen Effekte sowie deren Bilanzierung als auch möglicher (gesellschafts-)politischer Aus- und Rückwirkungen (politisches Rahmenkonzept), der nur entsprochen werden kann, wenn *zweitens* sowohl die Komplexität moderner Technik (einschließlich ihrer Folgen) und deren Umgebung als auch beider Wechselbeziehungen und abseh- bzw. abschätzbarer zukünftiger Veränderung in einer Problem angemessenen Weise Rechnung getragen wird (systemanalytischer Anspruch).

---

zepts der wissenschaftsgestützten Politikberatung im Bereich der technischen Entwicklung eingeführt wurde. Die Übersetzung mit „Technikfolgen-Abschätzung“ ist insofern nicht „exakt“, da „Technology“ auch Technik ohne eine scharfe Abgrenzung zu den Naturwissenschaften bedeutet, und „Assessment“ auch rationale Beurteilungsprozeduren nahe legt. Im deutschen Sprachgebrauch hat sich (wohl nicht sehr glücklich) „Technikfolgenabschätzung“ weitgehend durchgesetzt; diese Benennung ist nach wie vor aber u. a. auch deshalb in der Diskussion, weil (m. E. kurzschlüssig) aus der Begriffsbildung und -verwendung auf konzeptionelle Grundlegungen (vor allem Einengungen) geschlossen wird.

- 3 Im Arbeitskreis „Allgemeine Technologie“ wurde vor diesem Hintergrund der „technologische Trichter“ eingeführt, mit dem visualisiert wird, dass jede technische Entwicklung einen Bewertungs- und Selektionsprozess durchläuft, in dem sukzessive die komplexe Frage zu beantworten ist, ob das, was naturwissenschaftlich möglich, technisch-technologisch realisierbar und ökonomisch machbar ist, sich auch als gesellschaftlich wünschenswert und durchsetzbar, ökologisch sinnvoll sowie human vertretbar erweist (vgl. näher dazu Banse/Reher 2004, S. 6f.).

In der VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen“ werden Werte ausgewiesen, die als Bewertungskriterium und Anforderungsstrategie für technisches Handeln entscheidend sind (vgl. VDI 1991). *Werte* sind mehrstellige Relationen, die die Bedeutung von Sachverhalten für den Menschen bestimmen. Sie kommen in Wertungen zum Ausdruck und sind bestimmend dafür, dass etwas anerkannt, geschätzt, verehrt oder erstrebt (bzw. abgelehnt, verachtet oder nicht erstrebt) wird; sie dienen somit zur Orientierung, Beurteilung oder Begründung bei der Auszeichnung von Handlungs- und Sachverhaltsarten, die es anzustreben, zu befürworten oder vorzuziehen (bzw. auszuschließen) gilt. Der Inhalt eines Wertes kann aus Bedürfnissen hervorgehen. Er konkretisiert sich insbesondere in Zielen, Kriterien und Normen. Genannt werden folgende Werte („Werte-Oktogon“), die jeweils weiter differenziert werden können (siehe Abb. 2):

- Funktionsfähigkeit;
- Sicherheit;
- Gesundheit;
- Umweltqualität;
- Wirtschaftlichkeit (einzelwirtschaftlich);
- Wohlstand (gesamtwirtschaftlich);
- Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität.

Diese Werte bzw. Bewertungskriterien sind mit Blick auf den jeweils zur Diskussion stehenden Technikbereich zu konkretisieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es zwischen ihnen neben „Folgebeziehungen“ und „Gleichgerichtetheit“ vielfältige Konkurrenzbeziehungen und Priorisierungen gibt, die darauf verweisen, dass jeweils Abwägungen vorzunehmen sind, die subjektiv unterschiedlich gewertet werden (können) (siehe Abschnitt 4). Zudem geht es um die Operationalisierung bzw. (generelle) Operationalisierbarkeit dieser Werte mittels geeigneter Indikatoren (vgl. exemplarisch zum „Wert Sicherheit“ Belyová/Banse 2013, S. 26ff.).

Der Nutzer der „Methode“ Technikfolgenabschätzung ist mit mindestens folgenden drei Problemen konfrontiert (vgl. auch Grunwald 2002):

- das *Wissensproblem*: Wie kann das erforderliche Wissen über politische, rechtliche, ökonomische, soziale u. a. Rahmenbedingungen, über Konsumentenverhalten, über Techniknutzung und -folgen (Langzeitarchivierung!) u. ä. generiert werden?
- das *Bewertungsproblem*: Wie ist die erforderliche multikriterielle, dimensionenübergreifende Bewertung realisierbar, welche Konsense und Dissense über Kriterien und deren Hierarchie sind zu berücksichtigen?

- das *Umsetzungsproblem*: Wie kann Akzeptanz für und die Realisierung von (neuen) Technologien, die gesellschaftliche wie individuelle Zielstellungen befördern können, erreicht werden?

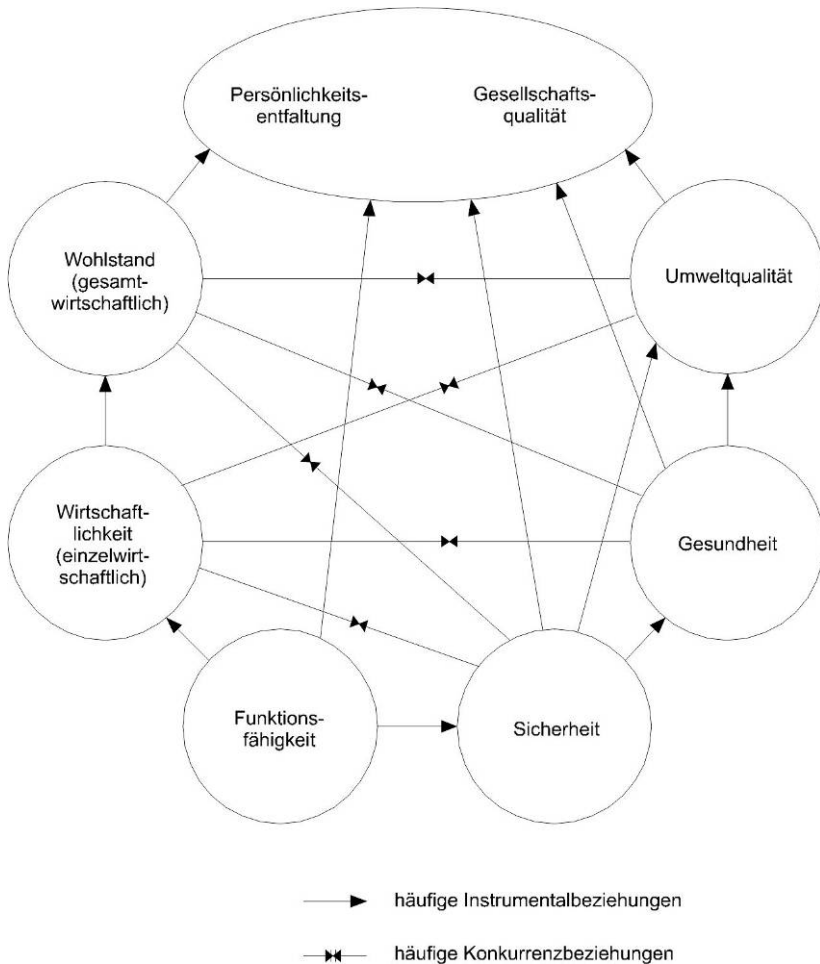


Abb. 2: Kriterien der Technikbewertung

Quelle: VDI 1991

### 3 Ökologische Bewertungen

In der oben genannten Richtlinie zur Technikbewertung ist „Umweltqualität“ ein relevanter Wert.<sup>4</sup> Dieser nimmt in seiner Bedeutung zu (Stichworte: Klimawandel, Klimaneutralität). Für ökologische Analysen und Beurteilungen stehen mehrere – zum Teil standardisierte – Methoden („Werkzeuge“) zur Verfügung, die hier nicht ausführlich(er) dargestellt werden können (vgl. näher Hauptmann/Majschak 2017, S. 103ff.). Hervorgehoben seien insbesondere:

- *Lebenszyklus-Analyse (LCA) oder Öko-Bilanzierung*: systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten während des gesamten Lebensweges („from cradle to grave“, „von der Wiege bis zur Bahre“);
- *ökologischer Fußabdruck*: erfasst alle Ressourcen, die für den Alltag benötigt werden, zeigt auf, wie viel Fläche benötigt wird, um all die Energie und Rohstoffe zur Verfügung zu stellen, und vergleicht das mit der verfügbaren Fläche;
- *CO<sub>2</sub>-Fußabdruck*: Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen, die direkt oder indirekt durch Aktivitäten von Personen oder Lebensstadien von Produkten in einer bestimmten Zeit entstehen bzw. verursacht werden (z. B. Organisations-, Gebäude-, Transport-, Produkt-bezogen);
- *Wasser-Fußabdruck*: Wassermenge, die von Personen (etwa Einwohnern eines Landes) beansprucht oder für die Herstellung von Produkten genutzt wird; unterschieden werden „grünes Wasser“ (aufgenommenes und wieder verdunstetes), „blaues Wasser“ (verbraucht und nicht wieder zurückgeführt) und „graues Wasser“ (genutzt und verschmutzt abgegeben);
- *„Ökologischer Rucksack“*: „Vergleichsmaßstab, mit dem der Naturverbrauch eines Produkts bei der Rohstoffgewinnung, der Weiterverarbeitung bis zum funktionstüchtigen Gegenstand, bei dessen Gebrauch und seiner Entsorgung berechnet werden kann“<sup>5</sup> bzw. „Menge an Ressourcen, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und der Entsorgung eines Produktes oder einer Dienstleistung verbraucht werden“.<sup>6</sup>

Die Anwendung dieser „Werkzeuge“ ist indes mit mehreren Problemen verbunden. Genannt seien:

- Die *Unsicherheit der genutzten Datenbasis* (insbesondere durch den Rückgriff auf Durchschnittswerten aus Datenbanken, durch das Alter

---

4 Dieser Abschnitt basiert auf Banse 2020.

5 <http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/umwelt/mobilfunkendgeraete> [22.01.2020].

6 [https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer\\_Rucksack](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Rucksack) [22.01.2020].

von Daten, durch Messunsicherheiten, durch die Vertrauenswürdigkeit und Vergleichbarkeit von Quellen sowie durch die Verfügbarkeit und Änderung der Bewertung von Daten hinsichtlich ihrer Relevanz innerhalb des Lebenszyklus).

- Die *Subjektivität von Systemgrenzen und Bewertungen* (insbesondere durch [differierende] Präferenzen bzw. Priorisierungen, unterstellte [und oftmals nicht explizierte] Werthierarchien sowie darauf basierenden Abwägungen).
- *Nichtberücksichtigung sozialer Implikationen* (infolge der Schwierigkeit ihrer Erfass- und Messbarkeit).
- Die *Nichtabschätzbarkeit* und der nachfolgenden Nichtberücksichtigbarkeit von *Wirkungen „höherer“ Ordnung*, von Langzeit- sowie von kumulativen oder synergetischen Effekten.

Der Umgang mit diesen Schwierigkeiten führt zu Kompromissen und suboptimalen Lösungen. „Eigentlich“ bedarf es für Lebenszyklus-Analysen und -Bewertungen eines umfassende(re)n multifaktoriellen Ansatzes, in den neben ökologischen, ökonomischen, sozialen, politischen, kulturellen, ethischen u. a. Überlegungen und Bewertungen auch emotionale Aspekte (vgl. z. B. Ganthaler et al. 2009) in angemessener Weise einzubeziehen sind. Das können die vorhandenen Methoden nicht leisten. Aber: Es gibt derzeit keine besseren! Und: Sie bilden trotzdem eine wichtige Grundlage für wissen (-schaft)sbasierte Entscheidungen und Handlungen.

#### 4 Abwägungen

Wenn relevante Werte miteinander konkurrieren können, dann zwingt das dazu, zwischen ihnen abzuwägen – ein Verfahren, das methodisch bislang wenig aufbereitet ist, aber nicht „intuitiv“ erfolgen sollte.<sup>7</sup> Es ist analog der Güterabwägung, die aus den Rechtswissenschaften bzw. der Rechtspraxis bekannt ist. Güterabwägung

„ist eine Methode der Konfliktlösung. Bei Kollisionen zwischen Rechtsgütern wird dem höherrangigen Rechtsgut(wert) der Vorrang gegenüber dem niederrangigen gegeben. [... Es wird] nichts darüber aus(gesagt), nach welchen Maßstäben festgestellt werden soll, welches Gut das höherwertige ist.“ (Lexikon 1987)

Güterabwägung ist somit eine Methode, die immer dann angewendet werden muss, wenn ein Mensch vor einer unausweichlichen Entscheidung steht und dabei zwei oder mehr gleichwertige „Güter“ in Konkurrenz zueinander

---

<sup>7</sup> Vgl. näher Banse 2018, S. 85ff.



stehen, d. h. nicht gleichzeitig verwirklicht werden können und somit eine Kollision vorliegt. Um dabei Willkürlichkeiten oder „Bauchgefühle“ weitgehend auszuschließen, bemüht sich die Ethik um begründete Vorgehensweisen. Dabei ist zweierlei zu berücksichtigen:

1. „Wo Güter miteinander konkurrieren [...] werden, um zu sicheren und konsensfähigen Entscheidungen zu gelangen, für den Abwägungsprozeß neben den maß- und richtungsgebenden Prinzipien und Kriterien allgemein handhabbare Vorzugsregeln und Abwägungsmaximen benötigt.“ (Feldhaus 1993, S. 693)
2. „Von vergleichsweise höherem oder niederem Gewicht können Prinzipien [...] nicht unabhängig von ihrer Relation im Verhältnis zu einem spezifischen Abwägungsproblem sein. [...] Es handelt sich [...] wenigstens um eine dreistellige Relation zwischen dem Sachproblem und den konfligierenden Prinzipien.“ (Somek 1998, S. 1)

Dabei wird – bewusst oder unbewusst – nach Regeln verfahren:

„Es geht um Unterscheidungen, die sich auf die möglichen Ausmaße der jeweiligen inkaufzunehmenden Nebenwirkungen beziehen und aufgrund derer sich entsprechende Vorzugsregeln formulieren lassen.“ (Feldhaus 1993, S. 693)

Zugleich gilt:

„Eine Abwägung von Prinzipien ist dann allgemein akzeptabel, wenn sie auf einer allgemein akzeptablen Abwägungsregel basiert. [...] Eine Abwägungsregel enthält die Bedingungen, nach denen sich das relative Gewicht konfligierender Prinzipien bestimmt.“ (Somek 1998, S. 5)

Dabei könnten die traditionellen ethischen „Abwägungsstrategien“ Laxismus, Probabilismus, Probabiliorismus und Rigorismus bzw. Tutorismus (vgl. z. B. Summa 1957, S. 214ff.), die in der modernen – formalisierten – Entscheidungstheorie kaum explizit Berücksichtigung finden, für komplizierte Güterabwägungsprozesse sowie für unterschiedliche Entscheidungsdimensionen und -situationen sinnvoll genutzt werden, da sie das Verhalten in Wahlsituationen transparenter und nachvollziehbarer machen (können). Erweitert geht es um das Verhältnis von Wahlmöglichkeit („Freiheit“ der Entscheidung) und Festlegung durch ein Prinzip – Verbot, Gebot, „Gesetz“.

## **5 Exemplarisches: Handy / Smartphone**

Am Beispiel des Smartphones seien exemplarisch ökologische „Impacts“ in ihrer Vielgestaltigkeit gezeigt.<sup>8</sup> Um diese erfassen und bewerten zu können, bietet sich eine „Bestandsaufnahme“ entlang der oben genannten Lebens-

---

8 Dieser Abschnitt basiert auf Banse 2020.

phasen technischer Produkte („technische Ontogenese“) an. Da bei Smartphones offensichtlich deren Nutzung den Fokus bildet, ihre tatsächliche „Allgegenwart“ (durch fast habitualisierte Nutzungspraxen und -muster), bietet es sich an, folgende drei Phasen im Lebenszyklus zu unterscheiden: (1) die Prae-Nutzung, (2) die (eigentliche) Nutzung (einschließlich Wartung) und (3) die Post-Nutzung. (Sie entsprechen prinzipiell den Phasen „Herstellung“, „Verwendung“ und „Auflösung“ aus Abbildung 1, bringen aber eine spezifiziertere Sichtweise ein.)

In der Phase der *Prae-Nutzung* sind Ressourcenbereitstellung und -verbrauch, Energieverbrauch, (mögliche) Toxizität, Raum- und Gebäudebedarf sowie Transportbedarf (Entfernungen) wichtige Einflussgrößen. Für die Phase der *Nutzung/Wartung* sind Energie- und Materialverbrauch, Nutzungsdauer von Produkten, Nutzungsmuster, direkte und indirekte Induktionssowie Reboundeffekte relevant. In der Phase der *Post-Nutzung* sind der Transport-, Energie- und Platzaufwand sowie die (mögliche) Toxizität in ihrer Bedeutsamkeit zu berücksichtigen. Leider ist die Datenlage nicht sehr umfangreich und nur bedingt aussagefähig. Aus den folgenden Zahlen und Zitaten zu den drei Phasen lässt sich aber die Problematik zumindest erahnen, vor allem vor dem Hintergrund der Produktion, Verbreitung und Nutzung von Mobiltelefonen:

- Produktion bzw. Absatz weltweit<sup>9</sup>: 2010 ca. 300 Mio. Stück, 2018 ca. 1,4 Mrd. Stück;
- Nutzer weltweit<sup>10</sup>: 2016 rund 2,5 Mrd., 2019 rund 3,2 Mrd.;
- Nutzer (Anschlüsse) in Deutschland: 2014 ca. 38 Mio., 2018 ca. 55 Mio.;<sup>11</sup>
- im Jahr 2018 betrug die durchschnittliche Nutzungszeit in Deutschland etwa 177 Minuten pro Tag.<sup>12</sup>

### (1) Prae-Nutzung

- Ressourcenbereitstellung und -verbrauch: Generell ist zu bedenken, dass die Anzahl der industriell genutzten Metalle in den zurückliegenden 100 Jahren enorm zugenommen hat, auch durch die Mobiltelefon-Produktion.

9 Vgl. <https://de.statista.com/themen/581/smartphones/> [22.01.2020].

10 Vgl. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/309656/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smartphone-nutzer-weltweit/> [22.01.2020].

11 Vgl. [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-02/Bitkom-Pressekonferenz%20Smartphone-Markt%202020%2002%202019%20Pr%C3%A4sentation\\_final.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-02/Bitkom-Pressekonferenz%20Smartphone-Markt%202020%2002%202019%20Pr%C3%A4sentation_final.pdf) [20.01.2020].

12 Vgl. <https://app-entwickler-verzeichnis.de/app-news/2-market-trends/672-infografik-smartphone-handynutzung-in-deutschland-> [22.01.2019].

tion. In einem Smartphone (Gewicht etwa 110 g) sind u. a. etwa 56 % Kunststoff, 16 % Glas und Keramik sowie 25 % Metalle, darunter ca. 305 mg Silber, ca. 30 mg Gold und ca. 11 mg Palladium, enthalten.<sup>13</sup>

„In einem durchschnittlichen Smartphone werden um die 70 verschiedene chemische Elemente verbaut, viele der in den Smartphones genutzten Substanzen stammen aus Schwellen- und Entwicklungsländern. Ihre Herstellung ist in den allermeisten Fällen energieaufwändig und verursacht in den betroffenen Regionen starke ökologische Probleme. Vor allem der Abbau von Seltene Erden – eine Gruppe von Metallen, ohne denen in den Smartphones gar nichts geht – ist äußerst problematisch: Sie müssen zunächst aus den Erzen, in denen sie sich als Beimengung befinden, durch aufwendige Trennverfahren separiert werden.“<sup>14</sup>

- Energieverbrauch, Toxizität, Raum- und Gebäudebedarf, Transportbedarf (Entfernungen):

„Insbesondere Chips und Leiterplatten zu fertigen ist aufwendig und dadurch energie- und ressourcenintensiv. Bei der Produktion dieser Elemente können ebenfalls giftige Chemikalien ins Abwasser gelangen. Auf den meist weiten Transportwegen wird viel Energie verbraucht, was zu hohen Treibhausgasemissionen führt – etwa um die fertigen Telefone von Asien nach Europa zu transportieren.“<sup>15</sup>

## (2) Nutzung/Wartung

- Energieverbrauch, Nutzungsdauer von Produkten: Zu beachten sind die drei „Energieverbraucher“ erstens das eigene Endgerät, zweitens die Daten- und Rechenzentren mit ihren Servern und Kühlaggregaten sowie drittens die Kommunikationsnetze inklusive Mobilfunkstationen und Internet-Routern. Deshalb benötigt ein Smartphone in seiner (vernetzten) Nutzung 20 Mal so viel Energie und CO<sub>2</sub>, wie das eigentliche Gerät braucht;<sup>16</sup> jährlich entfallen auf jeden Nutzer direkt (Batterieladen und Rechenzentren!) ca. 50 kWh, indirekt (W-LAN und Mobilfunknetz) nochmals ca. 50 kWh Elektroenergie. Und: Verbraucher wechseln ihr Handy nach 18 bis 24 Monaten.<sup>17</sup>

---

13 <http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/umwelt/mobilfunkendgeraete/herstellung> [22.01.2020].

14 Vgl. <https://gruenkraft.design/webdesignblog/oekobilanz-negativ-die-dunkle-seite-der-smartphones/> [22.01.2020].

15 <https://www.wissenschaftsjahr.de/2012/die-rohstoff-expedition/die-rohstoff-expedition/lebenszyklus-eines-handys.html> [22.01.2020].

16 Vgl. <https://www.zdf.de/nachrichten/heute/smartphones-2040-groesste-klimakiller-100.html> [22.01.2020].

17 Vgl. <http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/umwelt/mobilfunkendgeraete/nutzung> [22.01.2020].

- Nutzungsmuster, direkte und indirekte Induktions- sowie Reboundeffekte: Viele „Onlinekonzerne [tun] so ziemlich alles [...], um uns möglichst viel und oft ins Netz zu holen“;<sup>18</sup> das Streamen von Online-Videos verursacht 300 Mio t CO<sub>2</sub>-Ausstoß jährlich (das entspricht 1 % der globalen Emission); in den USA, in China, Großbritannien, Japan und Deutschland nutzen bis zu 70 % der Bevölkerung Online-Handel (vgl. WBGU 2019, S. 178); Umwelteffekte hängen auch mit Verpackung und Transport (generelle Zunahme und suboptimale Zustellungen!) der Lieferungen sowie mit verändertem Freizeit-, Konsum- und Kaufverhalten („fast fashion“) zusammen.

### (3) Post-Nutzung (Deponierung, Zerlegung, Recycling)

- Generell ist von einer Wertsteigerung des elektronischen Abfalls (a) durch die steigende Menge von elektronischen Geräten, (b) durch die kürzere Produktlebensdauer (sowohl durch physische als auch durch „symbolische“ Obsoleszenz, d. h. durch unterschiedliche Formen des „Veraltens“) und (c) durch die steigende Anzahl verwendeter, hochwertiger Metalle auszugehen (vgl. dazu Müller 2014);
- die Menge an Elektroschrott belief sich im Jahr 2016 weltweit auf 44,7 Mio. t, und für 2021 wird mit einem Anstieg auf 52,2 Mio. t gerechnet; vom globalen Elektroschrott werden nur 20 % gesammelt und recycelt (in Europa ein Drittel), 4 % sind Hausmüll, der Verbleib des Rests ist unbekannt (möglicherweise illegal deponiert, exportiert und/oder recycelt) (vgl. WBGU 2019, S. 185).

Schlussfolgernd ergibt sich aus diesen Fakten, dass der gesamte Lebenszyklus eines Smartphones mit einem gewichtigen, aber für den Nutzer weitgehend verborgen bleibenden „ökologischen Rucksack“ verbunden ist, denn für ein ca. 80 Gramm schweres Mobiltelefon beispielsweise setzt er sich wie folgt zusammen:

- Rohstoffgewinnung: 35,3 kg;
- Produktion: 8,2 kg;
- Nutzung: 31,7 kg;
- Entsorgung: 0,1 kg.<sup>19</sup>

---

18 <https://blog.wdr.de/digitalistan/bildschirmzeit-so-viel-zeit-verbringst-du-am-handy/> [22.01.2020].

19 Vgl. <http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/umwelt/mobilfunkendgeraete> [21.01.2020] – allerdings scheint der für „Entsorgung“ angegebene Anteil meines Erachtens zu niedrig zu sein.

Das hier nur kurz und exemplarisch Dargelegte belegt bereits eindringlich die Notwendigkeit wie die Sinnhaftigkeit von Lebenszyklusanalysen und -bewertungen, mithin Betrachtungen „From Cradle to Grave“ – auch und gerade im Bereich der Allgemeinen Technologie.

## **6 Fazit**

1. Lebenszyklus-Betrachtungen, -Analysen und -Bewertungen sind ein wichtiges „Werkzeug“ zur Beurteilung und zum Vergleich von technischen Sachsystemen (Artefakte und Technologien).
2. Die Beurteilung ist auf der Grundlage unterschiedlicher Kriterien möglich (und notwendig!): ökonomisch, ökologisch, räumlich (lokal – regional – global), zeitlich, Kompetenz-basiert, ...
3. Zu berücksichtigen sind neben erkenntnistheoretisch-methodologischen Schwierigkeiten vor allem individuelle Wahrnehmungs- und Beurteilungsmechanismen, soziale Kommunikations- und Entwicklungsprozesse sowie politische Handlungs- und Entscheidungsmuster.
4. Relevanz haben dafür bzw. dabei auch die „typischen“ Schwierigkeiten jeder Technikfolgenbeurteilung z. B. in Form des Prognose-, Pluralismus-, Werte-, Interdisziplinaritäts- und Realisierungs-Dilemmas (vgl. näher dazu Banse 2018, S. 83; Banse/Friedrich 1996).

## **Literatur**

- Banse, G. (2018): Dilemma der Gesellschaft unter wissenschaftlich-philosophischen Gesichtspunkten. Ernährung und Energie – Nutzung der Wertstoffe – Nutzung nachwachsender Rohstoffe. In: Banse, G.; Fleischer, L.-G. (Hg.): *Energiewende 2.0 im Fokus – Bewährtes, Problematisches, Notwendiges, Kontroverses* -. Berlin, S. 79–93 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 47)
- Banse, G. (2020): IKT und NE – (k)eine „Harmonie a priori“?! In: Erdmann, J.; Egbert, B. (Hg.): *Menschliche Praktiken und Beziehungen in der mediatisierten Welt – Wandel, Nachhaltigkeit und Verantwortung*. Berlin, S. 87–108 (e-Culture / Cultural Diversity and New Media, Bd. 27)
- Banse, G.; Friedrich, K. (1996): Sozialorientierte Technikgestaltung – Realität oder Illusion? – Dilemmata eines Ansatzes. In: Banse, G.; Friedrich, K. (Hg.): *Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln*. Berlin, S. 141–164
- Banse, G.; Reher, E.-O. (2004): Einleitung. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): *Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie*. Berlin, S. 5–16 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 75)

- Belyová, L.; Banse, G. (2013): Sicherheit und Sicherheitskultur. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Technik – Sicherheit – Techniksicherheit. Berlin, S. 21–31 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 116)
- Feldhaus, St. (1993): Ethische Einflüsse in Entscheidungssituationen. In: *atomwirtschaft, Oktober*, S. 692–696
- Ganthaler, H.; Neumaier, O.; Zecha, G. (Hg.) (2009): Rationalität und Emotionalität. Wien, Münster
- Gethmann, C. F.; Grunwald, A. (1996): Technikfolgenabschätzung: Konzeptionen im Überblick. Bad Neuenahr-Ahrweiler (Europäische Akademie) (Graue Reihe, H. 1)
- Grunwald, A. (2002): Technik nachhaltig gestalten – Herausforderung für die Technikfolgenabschätzung. In: Berg, Chr. Tulbure, I.; Charbonnier, R. (Hg.): Folgenabschätzungen – Resonanzen zum 65. Geburtstag von Michael F. Jischa. Clausthal (Forum Clausthal), S. 101–113
- Hauptmann, M.; Majschak, J.-P. (2017): Die Rolle der Nachhaltigkeit in der Konsumgüterproduktion, ihre Einschätzung und Kommunikation am Beispiel der Verpackungstechnik. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Technologie und nachhaltige Entwicklung. Berlin, S. 99–129 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 130)
- Lexikon (1987): Güterabwägung. In: *Münchener Rechts-Lexikon*. Bd. 2: G – Q. München, S. 306
- Müller, A. (2014): Urban Mining von elektronischem Abfall – Herausforderungen aus der Sicht eines Geologen. – URL: <https://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2014/04/12-Mueller.pdf> [21.01.2020]
- Somek, A. (1998): Abwägungsregeln. Schritte zu einer egalitären Rekonstruktion der grundrechtlichen Güterabwägung. Wien 1998 (Vienna Working Papers in Legal Theory, Political Philosophy, and Applied Ethics, No. 5). – URL: <http://www.univie.ac.at/juridicum/> [01.09.2005]
- Summa (1957): *Summa theologiae moralis*. Vol. I: De Principiis. Bearb. v. G. Heinzel. Oeniponte
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (1991): VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen“. Düsseldorf, März
- Vester, H.-G. (1988): Die wiederkehrende Vergänglichkeit von Katastrophen. In: *Universitas. Zeitschrift für Wissenschaft, Kunst und Literatur*, Jg. 43/Heft 7, S. 745–756
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019): *Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Hauptgutachten*. Berlin (WBGU)