

Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher †

## **Technologie und nachhaltige Entwicklung – Einführende Überlegungen**

### **1 Konzeptionelles**

„Dauerhafte“ (d.h. „nachhaltige“) Entwicklung ist eine Entwicklung, „die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“ (Hauff 1987, S. 46). Dieses Leitbild hält mit seinen sozialen, ökonomischen, technischen, ökologischen und institutionell-politischen Komponenten die fundamentalen Überlebens- und Entwicklungsbedingungen sowohl dieser als auch der zukünftigen Gesellschaft durchgängig präsent (vgl. RSU 1996, S. 51), denn es basiert auf

- einer globalen Perspektive (bezogen sowohl auf die Problemanalyse wie auch auf Strategien zu deren Lösung);
- der untrennbaren Verknüpfung von Umwelt- und Entwicklungsaspekten;
- der Realisierung von Gerechtigkeit zugleich in der intergenerativen Perspektive (Verantwortung für künftige Generationen) und in der intragenerativen Perspektive (Verantwortung für die heute Lebenden).

Sustainability kann als regulatorische Idee für die Gestaltung der natürlichen Existenz- und Entwicklungsbedingungen heutiger wie kommender Generationen verstanden werden. Dabei ist es in diesem Zusammenhang zunächst noch nicht entscheidend, ob mit Nachhaltigkeit im Sinne von Dieter Birnbacher und Christian Schicha eine Erhaltung (1.) des physischen Naturbestands, (2.) der Funktionen des gegenwärtigen Naturbestands, (3.) eine Sicherung der Befriedigung der Grundbedürfnisse zukünftiger Generationen oder (4.) eine aktive Vorsorge für die Bedürfnisse zukünftiger Generationen gemeint ist (vgl. Birnbacher/Schicha 1996, S. 150f.).

Angesichts der offensichtlichen Diskrepanz zwischen der gegenwärtigen, auf enormer Naturnutzung und Umweltbelastung basierenden Lebensart eines Teils der Menschheit einerseits und den bereits heute absehbaren Erfordernissen für die Sicherung der Existenz- und Entwicklungsbedingungen

künftiger Generationen andererseits ist ein Konzept notwendig, das sowohl politisches wie wissenschaftliches, sowohl individuelles wie gesellschaftliches Handeln in seiner „Zukunftsfähigkeit“ orientieren und befördern kann – und das ist mit „nachhaltiger Entwicklung“ gegeben (bzw. – schwächer – könnte gegeben sein).

Das Konzept nachhaltiger Entwicklung im genannten Sinn geht auf den im Dienste des sächsischen Kurfürsten August des Starken tätigen Oberberghauptmann Hans-Carl von Carlowitz zurück. In seinem 1713 in Leipzig verlegten Buch „Sylvicultura oeconomica, oder haußwirtschafftliche (haußwirthliche) Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht“ formuliert er als „Management-Regel“: Es wird

„derhalben die größte Kunst/Wissenschaft/Fleiß und Einrichtung hiesiger Lande darinnen beruhen / wie eine sothane Conservation und Anbau des Holtzes anzustellen / daß es eine continuierliche beständige und nachhaltige Nutzung gebe / weiln es eine unentberliche Sache ist / ohne welche das Land in seinem Esse nicht bleiben mag“ (Carlowitz 2013, S. 105f.),

kurz: Es darf nur so viel Holz verbraucht werden, wie nachwächst!

Hinsichtlich der offensichtlichen Notwendigkeit von „mehr Nachhaltigkeit“ ist auch daran zu erinnern, dass Rückstände („Exkremte“) der Produktion und Konsumtion in nennenswertem Umfang erst mit Beginn der Industrialisierung auftreten; vorher gab es eine möglichst vollständige Verwertung sowohl der Roh- und Ausgangsmaterialien als auch der aus dem Verwendungszusammenhang ausscheidenden Artefakte. Industrialisierung hieß (und heißt vor allem noch heute) vor allem vermehrter („exzessiver“) Technikeinsatz. Dieser erst ermöglichte mit das heute bekannte Ausmaß des Eingriffes in die Natur.

Bei der Konkretisierung des in zahlreichen nationalen und internationalen Dokumenten verankerten Leitbildes „Nachhaltigkeit“ in die verschiedenen Politikfelder und bei der Frage nach konkreten Zielen, Strategien oder Handlungsprioritäten gehen jedoch die Vorstellungen der am Diskurs Beteiligten auseinander. Der Konsens in Bezug auf das allgemeine Leitbild weicht sofort der kontroversen Diskussion, wenn es um Operationalisierungen und Konkretisierungen geht. Das betrifft bereits die Frage, in welchen „Dimensionen“ (vor allem ökologisch, ökonomisch, sozial und institutionell-politisch) Nachhaltigkeit konkret zu fassen und wie das Verhältnis dieser Dimensionen untereinander zu verstehen sein soll. Hier wird davon ausgegangen, dass diese prinzipiell gleichrangig und „integriert“ zu behandeln sind.

Ziel eines solchen Nachhaltigkeitskonzepts ist es, die Erhaltung bzw. Verbesserung ökonomischer und sozialer Lebensbedingungen mit der langfristigen Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen in Einklang zu bringen und nach hierfür geeigneten institutionell-politischen Voraussetzungen zu suchen.<sup>1</sup> (Das wird mit dem bereits in der „Einführung“ vorgestellten „Nachhaltigkeits-Dreieck“ zum Ausdruck gebracht.)

## 2 Integratives Nachhaltigkeitskonzept

Angeht dieser Situation wurde im Rahmen des Projekts „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF) in den 1990er Jahren (im bewussten Gegensatz zu einem „Zwei-“ bzw. „Drei-Säulen-Ansatz – ökonomisch, ökologisch, sozial<sup>2</sup>) ein Konzept entfaltet und zur Diskussion gestellt (vgl. Kopfmüller et al. 2001), das seinen Ausgangspunkt in einer gleichrangigen Betrachtung inter- und intragenerativer Gerechtigkeit nimmt: Die Rechte nachfolgender Generationen und die Rechte der heute Lebenden in den verschiedenen entwickelten Gebieten der Erde müssen in Einklang gebracht werden. Der Unteilbarkeit des Gerechtigkeitsprinzips auf dieser allgemeinen Ebene entspricht die Notwendigkeit einer integrativen Betrachtung der ökologischen, der ökonomischen und der sozialen Dimension von Nachhaltigkeit. Und in der Tat, über Zukunftsfähigkeit wird nicht nur in einer dieser Dimensionen entschieden, sondern in einer komplexen Verknüpfung zwischen diesen. Hierbei ergibt sich auch die Notwendigkeit der expliziten Berücksichtigung der institutionell-politischen Dimension.

Ein wesentlicher Hintergrund für diese Herangehensweise war die Einsicht, dass nachhaltige Entwicklung (als Prozess!) mit einigen wichtigen Sichtweisen verbunden ist, vor allem mit

- 
- 1 „Mit dem Leitbild dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung wird somit ein Denken auf den rechten Weg gebracht, das entschieden gegen simple Polarisierungen im umweltpolitischen Diskurs gerichtet ist [...] Es geht darum zu lernen, außerordentlich komplexe Wirkungsgefüge, wie sie nicht nur ökologische Systeme, sondern ebenso auch moderne ökonomische und soziale Systeme darstellen, in vertretbarer Weise miteinander zu vernetzen und so zu einem funktionsfähigen Ganzen zu machen. Es geht um Integrationsleistungen, die letztlich nur über ein Leitbild sicherzustellen sind, das die fundamentalen Überlebens- und Entwicklungsbedingungen dieser Gesellschaft durchgängig präsent hält“ (RSU 1996, S. 51).
  - 2 Damit soll nicht in Abrede gestellt werden, dass ein „Säulen-Ansatz“ methodisch hilfreich sein kann, wie mit dem „Nachhaltigkeitsdreieck“ gezeigt werden kann. Die konzeptionelle Schwäche dieser Ansätze liegt in ihrer „additiven“ Verknüpfung der einzelnen Komponenten, der sich stets weitere Komponenten hinzufügen lassen, wie etwa das „Nachhaltigkeitsviereck“ bei Ute Stoltenberg zeigt (vgl. Stoltenberg 2010, S. 10).

- einer umfassenden, holistischen Sicht „auf Alles“ (unter Berücksichtigung der Komplexität der sozialen, ökonomischen, ökologischen, kulturellen u.a. Entwicklungsbedingungen sowie ihrer Wechselwirkungen);
- dem Anerkennen der entscheidenden Rolle von Verteilungsgesichtspunkten (bezüglich Umwelt- und finanzieller Ressourcen, ökologischer Risiken und Erfordernisse, Vor- und Nachteile politischer Maßnahmen usw.);
- einer globalen Perspektive, d.h. Zielsetzungen auf globaler Ebene und deren Überführung in nationale, regionale und lokale Implementierungen bei Berücksichtigung entsprechender Implikationen;
- einer Langzeitorientierung (d.h. nicht nur gemessen an parlamentarischen Wahlperioden oder Unternehmensstrategien);
- der Idee von „Grenzen“ (etwa hinsichtlich Ressourcenverfügbarkeit, Umweltbelastungen u.ä.).

Ausgangsprämisse des integrativen Nachhaltigkeits-Konzepts ist, dass die ökologische, ökonomische, soziale und institutionell-politische Dimension nachhaltiger Entwicklung prinzipiell gleichrangig und integriert zu behandeln sind. Ziel eines solchen Nachhaltigkeitskonzepts ist es, die Erhaltung bzw. Verbesserung ökonomischer und sozialer Lebensbedingungen mit der langfristigen Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen in Einklang zu bringen und nach hierfür geeigneten institutionell-politischen Voraussetzungen zu suchen.

Dazu wird von folgenden drei generellen *konstitutiven Elementen* des Nachhaltigkeits-Leitbildes ausgegangen (vgl. Kopfmüller et al. 2001, S. 129ff.):

1. Intra- und intergenerative Gerechtigkeit;
2. Globale Orientierung;
3. Anthropozentrischer Ansatz.

Aus diesen drei Prämissen („konstitutive Elemente“) ergeben sich in einem ersten Operationalisierungsschritt folgende drei *generelle Ziele* nachhaltiger Entwicklung (vgl. Kopfmüller et al. 2001, S. 163ff.):

1. Sicherung der menschlichen Existenz;
2. Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials;
3. Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten.

Diese Ziele wurden in einem nächsten Schritt anhand von *Handlungsleitlinien* bzw. *Regeln* konkretisiert, die den Kern des Konzepts darstellen. Sie umfassen zum einen *substanzielle Regeln*, die Mindestanforderungen für die Realisierung der generellen Ziele darstellen, zum anderen *instrumentelle*

Regeln, die Wege zur Umsetzung dieser Mindestanforderungen beschreiben (siehe Tab. 1a und 1b).

Tab. 1a: System von Nachhaltigkeitsregeln – substanzielle (Was-)Regeln

1	Sicherung der menschlichen Existenz	2	Erhaltung des gesellschaftlichen Produktions-potenzials	3	Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungs-möglichkeiten
1.1	Schutz der menschlichen Gesundheit	2.1	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	3.1	Chancengleichheit im Hinblick auf Bildung, Beruf, Information
1.2	Gewährleistung der Grundversorgung	2.2	Nachhaltige Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen	3.2	Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen
1.3	Selbständige Existenz-sicherung	2.3	Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke	3.3	Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt
1.4	Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	2.4	Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken	3.4	Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur
1.5	Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede	2.5	Nachhaltige Entwicklung des Sach-, Human- und Wissenskapitals	3.5	Erhaltung der „sozialen Ressourcen“

Quelle: kombiniert nach Kopfmüller et al. 2001, S. 172, 174

Tab. 1b: System von Nachhaltigkeitsregeln – instrumentelle (Wie-)Regeln

Regel 1 <i>Internalisierung externer sozialer und ökologischer Kosten</i>	Die Preise müssen die im Wirtschaftsprozess entstehenden externen ökologischen und sozialen Kosten reflektieren
Regel 2 <i>Angemessene Diskontierung</i>	Durch Diskontierung dürfen weder künftige noch heutige Generationen diskriminiert werden
Regel 3 <i>Verschuldung</i>	Um zukünftige Handlungsspielräume des Staates nicht einzuschränken, müssen die laufenden konsumtiven Ausgaben des Staates im Prinzip aus den laufenden Einnahmen finanziert werden
Regel 4 <i>Faire weltwirtschaftliche Rahmenbedingungen</i>	Die weltwirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass wirtschaftlichen Akteuren aller Staaten eine faire Teilnahme am Wirtschaftsprozess möglich ist
Regel 5 <i>Förderung der internationalen Zusammenarbeit</i>	Die verschiedenen Akteure (Regierungen, Unternehmen, Nichtregierungsorganisationen) müssen im Geiste globaler Partnerschaft mit dem Ziel zusammenarbeiten, die politischen, rechtlichen und faktischen Voraussetzungen für die Einleitung und Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung zu schaffen
Regel 6 <i>Resonanzfähigkeit der Gesellschaft</i>	Die Resonanzfähigkeit der Gesellschaft gegenüber den Problemen in der Natur- und Anthroposphäre ist durch geeignete institutionelle Innovationen zu steigern

Tab. 1b:(Fortsetzung)

Regel 7 <i>Reflexivität der Gesellschaft</i>	Es sind institutionelle Bedingungen zu entwickeln, um eine über die Grenzen partikularer Problembereiche und über Einzelaspekte hinausgehende Reflexion von gesellschaftlichen Handlungsoptionen zu ermöglichen
Regel 8 <i>Steuerungsfähigkeit</i>	Die Steuerungsfähigkeit der Gesellschaft in Richtung einer zukunftsfähigen Entwicklung ist zu erhöhen
Regel 9 <i>Selbstorganisation</i>	Die Selbstorganisationspotenziale gesellschaftlicher Akteure sind zu fördern
Regel 10 <i>Machtausgleich</i>	Meinungsbildungs-, Aushandlungs- und Entscheidungsprozesse sind so zu gestalten, dass die Artikulations- und Einflussmöglichkeiten verschiedener Akteure gerecht verteilt und die Verfahren transparent sind

Quelle: kombiniert nach Kopfmüller et al. 2001, S. 172, 174

In einem dritten Schritt sind für diese Regeln *Indikatoren* zu finden bzw. festzulegen, mit deren Hilfe ihre Einhaltung, Umsetzung, Vernachlässigung usw. „gemessen“ und – und bezogen auf unterschiedliche Bereiche – verglichen werden können.

### 3 Technik und Nachhaltigkeit

Es fällt auf, dass in vielen Nachhaltigkeitsüberlegungen Technik keine Erwähnung findet, dass ökonomische, ökologische, soziale und politisch-administrative Zusammenhänge als relevant angesehen werden, nicht jedoch technische. Ausnahmen sind vor allem das Verweisen erstens auf negative ökologische Effekte der Technisierung insgesamt oder einzelner Bereiche, zweitens auf „Langzeit“konsequenzen singulärer technischer Lösungen (etwa die mit der Endlagerung radioaktiven „Abfalls“ verbundenen Probleme oder die Auswirkungen von „Großprojekten“ von der Art des Assuan-Staudamms), drittens auf die sogenannte Cleaner Production (vgl. z.B. Nowak 2005; Rosemann 2005) und viertens auf die sogenannte Informations- und Kommunikationstechnik.<sup>3</sup> Aber die Technik insgesamt, ihre Gestaltung wie ihre

3 Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass die stark ausdifferenzierten ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen (noch) keinen Bezug zu „Nachhaltigkeit“ haben: diese verfügen (noch) nicht über ein adäquates generalisierendes bzw. integratives theoretisch-methodisches Konzept. – Die Beiträge dieses Bandes deuten indes perspektivische Richtungen an (vgl. auch Grunwald 2002a). Deutlich wird, dass es einerseits nicht allein um „end-of-pipe“-Technologien gehen kann, bei denen erst im Nachhinein und additiv Belange der negativ bewerteten Umweltbeeinflussung berücksichtigt werden, und dass es andererseits nicht allein nur auf die „Nutzerverantwortung“ bei der Nachfrage- oder Nicht-Nachfrage, beim Einsatz oder Nicht-Einsatz von „sustainability-gerechter“ Technik ankommt.

Nutzung, ist ein bedeutender Aspekt für die Realisierung einer nachhaltigen Entwicklung.

Damit gewinnt die Einsicht (bzw. Frage), dass (bzw. ob) Technologien in der Regel per se weder nachhaltig noch nicht nachhaltig sind, eine wichtige Bedeutung: Für nachhaltige Effekte von Technik sind zwar die (internen) technischen Leistungsparameter bedeutsam, entscheidender ist zunächst jedoch die Art und Weise, wie Technik in der Gesellschaft eingesetzt und genutzt wird, in welche Kontexte sie integriert und welchen Zwecksetzungen sie untergeordnet ist (vgl. auch Banse 1997, 2004b).

Zu fragen ist damit nach dem Potenzial technologischer Lösungen an bzw. für Nachhaltigkeit (das unterschiedlich groß bzw. klein sein kann) sowie nach den Bedingungen, unter denen sich dieses Potenzial realisieren lässt. Dazu muss „Nachhaltigkeit“ zuerst im Prozess des Entwurfs und der Gestaltung technischer Lösungen und sodann auch im Verwendungshandeln einen angemessenen Platz haben, denn: Über die individuelle Verwirklichung der Nachhaltigkeitspotenziale von Technik entscheidet sodann zusätzlich eine Kombination aus Technikgebrauch, Lebensstil und Konsumverhalten (siehe Abb. 1 – die genannten Leitbilder und Konzepte gelten auch für nachhaltige Entwicklung).

Lebensstile	Politische Konzepte	Verfahrensleitbilder	Inhaltliche Leitbilder
Askese	Internalisierung externer Kosten	<i>Nachhaltige Entwicklung</i>	
Neue Bescheidenheit	Internationale Konventionen	Technikbewertung	Recyclinggerechtes Konstruieren, Stoffrecycling
Neue Gemächlichkeit	Verbote	Risikoanalyse	Integrierter Umweltschutz
Sanfter Tourismus	Gebote	Ökobilanzierung	Rationelle Energienutzung
Neuer Lebensstil	Anreizsysteme		Sicherheitstechnik
			Angepasste Technologien
<i>Unternehmens-Kultur</i>			

Abb. 1: Leitbilder und Konzepte für eine umweltschonende Technikgestaltung

Quelle: nach Detzer 1993, S. 58

Analysiert man die „handlungsleitenden Gründe“ von Akteuren der Technikgestaltung wie -nutzung, so kommt man zunächst zu unterschiedlichen Einstellungen und Werthaltungen, in denen Werte und Wertvorstellungen sowie deren Präferenzfolgen in je individueller Weise zum Ausdruck kom-

men. Werte sind mehrstellige Relationen, die die Bedeutung von Sachverhalten für den Menschen bestimmen. Sie kommen in Wertungen (Bewertungen) zum Ausdruck und sind ausschlaggebend 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 (vgl. auch VDI 1991). Sie stellen die – bewusste oder unbewusste – Grundlage auch für das Abwägen zwischen verschiedenen, auf Nachhaltigkeit bezogenen (Schutz- oder Rechts-)Gütern dar. Weiterhin werden jedoch auch „aggregierte Phänomene“ wirkmächtig, vor allem in Form von Leitbildern (vgl. Dierkes et al. 1992; Giesel 2007; Huber 1989). Als Leitbild kann man komplexe („aggregierte“), idealhafte, richtungs- und perspektivgebende Vorstellungen bezeichnen, die in Wahl- und Entscheidungssituationen eine selektierende Funktion übernehmen (können). Da Überlegungen zu Leitbildern und ihrer Rolle in der Technikgenese erst ganz am Anfang stehen, soll Leitbild hier als Oberbegriff für die „Bilder“ (als aggregierte Phänomene!) stehen, die bei der Konzipierung, Gestaltung und „Durchsetzung“ (Realisierung) von nachhaltiger Entwicklung relevant, d.h. sinngebend sowie denk- und handlungsleitend werden (können), etwa in Form des Umwelt-, des Zukunfts-, des Gesellschafts- und des Technikbildes. Zu bedenken ist jedoch dreierlei: *Erstens* wird „nachhaltige Entwicklung“ selbst als Leitbild betrachtet; demzufolge wäre von einer Leitbild-Hierarchie auszugehen. *Zweitens* besteht die Gefahr, dass der Leitbildbegriff einer Inflation unterliegt, wenn vorschnell vieles zu „Leitbildern“ (v)erklärt wird. Das liegt wohl auch in der – nicht generell als negativ zu bewertenden – diffusen Unschärfe und begrifflichen Verschwommenheit der Ziel- oder Wunsch-Vorstellungen, die dann als Leitbild titulierte anscheinend exakt umrissen werden (z.B. „papierloses Büro“, „mensenleere Fabrik“, „autogerechte Stadt“, „schadstofffreie Produktion“, „menschliche Technik“). Da die Schicksale dieser Leitbilder bekannt sind, die ähnliche Karrieren wie „Sustainability“ hatten – nur Jahre zuvor –, bleibt zu hoffen, dass dem Leitbild nachhaltige Entwicklung eine derartige „Biographie“ nicht beschieden sei. *Drittens* ist zu bedenken, dass Leitbilder nur abstrakte Maßstäbe setzen, abstrakt in dem Sinne, dass sie kaum direkt handlungsrelevant wirken können, sondern immer erst konkretisiert, operationalisiert, in umsetzbare, unmittelbar handlungsmotivierende, -stimulierende oder gar -leitende „Gebilde“ transformiert werden müssen – wie oben mit dem Verweis auf Regeln und Indikatoren für nachhaltige Entwicklung bereits verdeutlicht wurde.



Nachhaltige Entwicklung schließt den breiten Dialog über Gestaltungsziele, über Visionen einer zukünftigen Gesellschaft, über Wünschbarkeit, Akzeptabilität und Zumutbarkeit technischer Entwicklungen ein. Erforderlich ist aber auch Wissen vor allem über Ursache-Wirkungs- und Zweck-Mittel-Beziehungen, über Folgen technisch instrumentierten Verhaltens sowie über ökologische, soziale u.a. Effekte der Techniknutzung. Dabei sind mögliche „Bumerang-Effekte“ (negative Effekte bzw. Problemlagen von Technologien, Strategien, Entscheidungen usw., die die Überwindung früherer negativer Effekte bzw. Problemlagen zum Ziel hatten) zu beachten.

Die Beantwortung der Frage „Wie kann (bzw. muss!!!) Technik so gestaltet werden, dass ein Mehr an nachhaltiger Entwicklung möglich wird?“ setzt u.a. zunächst voraus, die Fragen zu beantworten, was „nachhaltige“ Technik ist und wie beurteilt werden kann, inwieweit ein konkreter Technikeinsatz zu mehr oder zu weniger nachhaltiger Entwicklung führt (gemessen vor allem an den oben genannten „Was-“ und „Wie-Regeln).

Damit ergeben sich *erstens* (mindestens) folgende zwei Konsequenzen:

- (1) Die globalen Nachhaltigkeitskriterien sind an konkreten Technologien, wie der chemischen Technologie, der Energiewirtschaft, der Prozesstechnik usw., zu präzisieren (siehe Abb. 2).
- (2) Dabei gilt es, eine angemessene Kombination von drei Ansätzen zu realisieren (vgl. Huber 2000):
  - *Effizienz* (d.h. die Reduzierung des Stoff- und Energieverbrauchs je Einheit hergestellter Güter oder Dienstleistungen),
  - *Suffizienz* (Reduzierung der hergestellten Menge und Nutzung von Gütern/Dienstleistungen) und
  - *Konsistenz* (Erhöhung der Vereinbarkeit anthropogener mit natürlichen Stoffströmen).

*Zweitens* stellen sich in diesem Zusammenhang vorrangig folgende drei Probleme (vgl. Grunwald 2002b):

- das *Wissensproblem*: Wissen über politische, rechtliche, ökonomische, soziale u.a. Rahmenbedingungen; über Konsumentenverhalten, Techniknutzung und -folgen;
- das *Bewertungsproblem*: multikriterielle, dimensionenübergreifende Bewertung; Konsens und Dissens über Kriterien und deren Hierarchie;
- das *Umsetzungsproblem*: Akzeptanz und Realisierung von neuen Technologien, die eine nachhaltige Entwicklung befördern können.

Einfluss von Technologie(n) auf		
Ökonomie	Ökologie	Soziales
durch/über		
Einsparung von – Ressourcen – Rohstoffen – Energie – Arbeitskräften	Klimaschutz	Schaffung (und Vernichtung!) von Arbeitsplätzen
Einsatz neuer Wirkprinzipien	schonenden Umgang mit – Böden – Gewässern – Luft (Umwelt allgemein)	Verbesserung der Lebensqualität
	Vermeidung bzw. Verwertung von Abprodukten	Erhöhung der gesellschaftlichen Zufriedenheit

Abb. 2: Einflussmöglichkeiten von Technologien für (mehr) Nachhaltigkeit  
Eigene Darstellung

Zum Wissensproblem seien noch zwei Überlegungen angeführt (vgl. auch Banse 2003). Es geht *erstens* (auch) um die „Zukunftsfähigkeit“ des generierten und des vermittelten (genauer: angeeigneten) Wissens (also um gültige Aussagen bzw. Behauptungen, um Bewertungen bzw. Werturteile, um Handlungsanweisungen – etwa in Form von Aufforderungen – und um Normen – z.B. als Verfahrensregeln –), bezogen auf die unterschiedlichsten Bereiche. Die Diskussionen über das exponentielle Wachstum und die „Halbwertszeit“ von Wissen, über Datenflut und „Informationsmüll“, über Kernkompetenzen und Schlüsselqualifikationen, über lebenslanges Lernen und berufliche Flexibilität, aber auch über die Langfristigkeit von Bildungs- und Forschungsstrategien bei höchstmöglicher Flexibilität machen damit verbundene Problemlagen deutlich. Der Hintergrund lässt sich z.B. wie folgt beschreiben:

„Im sogenannten Informationszeitalter wird sich das, was wir gern als ‚gesichertes Wissen‘ bezeichnen, sehr viel schneller und gründlicher verändern als in der Vergangenheit. Einmal deshalb, weil sich unsere technische, soziale, ökonomische und kulturelle Umwelt sehr viel schneller verändern wird und wir deshalb immer neues ‚operatives‘ Wissen aufbauen müssen, um darin zurechtzukommen. Zum anderen, weil durch die verbesserte und beschleunigte globale Kommunikation in Verbindung mit den kognitionsunterstützenden neuen Technologien eine rasante Beschleunigung unserer kulturellen und vor allem technischen Evolution in Gang gekommen ist, die sich auch in nächster Zukunft noch

weiter fortsetzen und sogar verstärken dürfte. Wissen im Sinne von operations- und kommunikationsfähigen Beschreibungen von Systemen wird qualitativ (immer komplexere Beschreibungen) und quantitativ (immer mehr Beschreibungen) anwachsen.“ (Iglhaut 2000, S. 125)

Es geht somit auch um Prioritäten- und Akzentsetzungen, aber auch um Selektions- und Bewertungsprozeduren für die Generierung wie für die Vermittlung bzw. Aneignung von Wissen. Dass damit sicherlich auch von „gewohnten“ Vorstellungen etwa über Wahrnehmung, Realität, Gewissheit und Information Abschied genommen werden muss, kann hier nur genannt, nicht jedoch weiter ausgeführt werden.

Deutlich wird *zweitens* auch, dass es eine Kluft gibt zwischen dem, was Wissenschaft und Bildung mit Blick auf Nachhaltigkeit „anbieten“, und dem, was die Gesellschaft zur Realisierung von Nachhaltigkeit benötigt. Thematisiert ist auf diese Weise die Nutzung des Humankapitals für Nachhaltigkeit. Eines ist deutlich: Hier muss ein gesellschaftliches Umdenken einsetzen, um „Nachhaltigkeit“ stärker als bisher zum Bewertungskriterium und zur Anforderungsstrategie für die Förderung von Forschungs- und Bildungsprogrammen werden zu lassen (vgl. Hennen/Krings 1998).

Nachhaltige Entwicklung wird sich technisch vermittelt – wenn überhaupt – vorrangig auf der Ebene größerer technischer Einheiten, umfassenderer Mensch-Technik-Systeme oder gar ganzer technischer Entwicklungsrichtungen durchsetzen lassen, da vor allem dort der Bezug zu Nachhaltigkeit deutlich wird bzw. da sich dort am ehesten ein („technikbasierter“) Beitrag zur Umsetzung von Nachhaltigkeit leisten lässt. Mit gebotener Vorsicht sei dazu Folgendes ausgeführt.

(a) Eine der Problemsituation angemessene *komplexe* Sicht- und Handlungsweise darf nicht nur die naturale, sondern muss gleichermaßen auch die humane und soziale Dimension der Technik erfassen (vgl. Ropohl 2009, S. 29ff.) und dabei deren globales Ausmaß in Rechnung stellen. Damit wird deutlich, dass Technisches nur dann problemadäquat behandelt wird, wenn es als „Sozio-Technisches“ behandelt, mithin Technik als gesellschaftliches „Phänomen“ unterstellt wird (vgl. dazu Banse 2015). Technik ist nicht anders denn als Soziotechnisches, d.h. als Ergebnis zielorientierter menschlicher Aktivitäten (vor allem Erkennen, Zwecksetzen, Bewerten, Entscheiden und praktisch-gegenständlich Handeln) in einem konkreten sozialen Umfeld, das „Inhalt“ wie „Form“ sowohl von spezifischen technischen Lösungen als auch den gesamten Bereich der Technik in hohem Maße beeinflusst („strukturiert“), lebensweltliche Wirklichkeit. Im Zuge von selektiven Wahr-

nehmungsprozessen ist es allerdings möglich, Technik gedanklich so weit aus dieser „gesellschaftlichen Verklammerung“ herauszulösen, dass als *Resultat* unter „Technik“ allein die mit der unmittelbaren Funktionserfüllung verbundenen Beziehungen und Zusammenhänge erfasst sind. Wird dann ein solchermaßen reduziertes Verständnis als *Ausgangspunkt* für umfassendere Fragestellungen der vorliegenden Art genommen – was im Bereich der Technikentwickler nicht unüblich ist –, dann muss zum „Technischen“ notwendigerweise nachträglich das „Nichttechnische“ hinzugefügt werden, um das „Soziotechnische“ rekonstruieren bzw. reformulieren zu können. Durch die vielfältigen Interdependenzen ihrer Voraussetzungen und Wirkungen mit Individuum, Gesellschaft, Politik, Kultur, Recht, Arbeits- und Lebensweise sowie Weltsicht weist das Technische weit über das rein Artifizielle hinaus, verweist darauf, das es ein menschliches Konstrukt ist, das in und mit dem Konstruktcharakter (dem „*Entworfensein*“ und dem „*Gemachtsein*“) seine anthropologische, seine soziale und vor allem seine kulturelle Dimension offenbart, die in ihren vielfältigen Ausformungen in Überlegungen zur Technikentwicklung und -gestaltung unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit von Anfang an einzubeziehen sind. Dessen erst nachträgliche Berücksichtigung oder gar weitgehende Ausblendung wird immer zu Defiziten in der Zielerreichung führen (z.B. in Form von ökonomischen oder Zeitverlusten, Akzeptanzschwierigkeiten, Nichtbewährung am Markt, Verkürzung des Lebensdauerzyklus u. ä.), die – bestenfalls! – mit der erstaunten Frage verbunden sind, warum denn das „so gut“ oder „so exakt“ Geplante nicht oder nicht in vollem Umfang eingetreten sei.

(b) Die Berücksichtigung der *Zeitdimension* darf sich sicherlich nicht nur auf das Einfordern der Beachtung zukünftiger Generationen und ihrer Lebensgrundlagen bei heutigen Planungen und Entscheidungen beschränken. Unseres Erachtens geht es um (nicht mehr, aber auch nicht weniger als um) Konsequenzen aus der Einsicht, dass die Zukunft „prinzipiell offen“ und „unsicher“ ist (vgl. Banse 2016b). Das hat z.B. einen wissensmäßigen Aspekt, nämlich den, dass wir hinsichtlich Zukünftigem nicht über „kein Wissen“, sondern vielmehr über „Nicht-Wissen“ verfügen. „Nicht-Wissen“ ist jedoch nicht nur durch die Zeitdimension des Zukünftigen begründet, sondern hat auch eine strukturelle Seite, die sich beispielsweise darin äußert, dass zum Zeitpunkt der Gegenwart infolge der Vielzahl von interessierenden Komponenten und deren möglichen aktuellen Beziehungen untereinander nicht alle relevanten Informationen vorliegen bzw. vorliegen können; man denke etwa an Schadstoffe und deren Kombinationseffekte. Die Auf-

gabe besteht mit Blick auf Nachhaltigkeit darin, *erstens* unsere Wissensbestände auch auf diese Weise zu „ordnen“ (denn dann werden möglicherweise Forschungsfragen besser formulierbar), und *zweitens* die Frage zu beantworten, wie wir (bewusst und kompetent) mit diesem „Nicht-Wissen“ umgehen, wie es gegenwärtig „prozessiert“ und „kommuniziert“ wird sowie unser (aktuelles wie strategische) Denken und Handeln beeinflusst.

(c) Es ist jene „Umgebung“ zu beachten, in die hinein dem Prinzip der Nachhaltigkeit verpflichtete technische Lösungen implementiert werden bzw. zu implementieren sind, und innerhalb derer diese Lösungen akzeptabel sind bzw. akzeptiert werden usw. Diese „Umwelt“ bzw. „Umgebung“ kann man als *Kultur* bezeichnen, wenn man darunter das Ergebnis menschlicher Lebens- und Daseinsbewältigung in einer Handlungs- und Kommunikationsgemeinschaft versteht.<sup>4</sup> Repräsentiert wird Kultur dann vorrangig durch das (Handlungs-)Wissen, durch technische Sachsysteme und deren Einbeziehung in Handlungsabläufe, durch verfestigte Wertekonstellationen sowie durch tradierte Praxen, die sowohl Sitten<sup>5</sup> als auch Institutionen einschließen (vgl. Banse 2004a, S. 44ff.). Damit ist zugleich das kulturelle (und auf diese Weise auch das technikbezogene) Selbstverständnis einer Gesellschaft zu thematisieren, welches (technikbezogen!) einerseits „technogenen“ Erwartungen und Erfordernissen Rechnung tragen bzw. Ausdruck verleihen sowie andererseits einen vorausschaubaren Einsatz von bzw. Umgang mit technischen Lösungen zulassen und garantieren muss. Dazu sind deren mögliche Vor- und Nachteile, deren „Gewinne“ und „Verluste“ vor allem in individueller, sozialer, ökologischer und ökonomischer Art zu kommunizieren. Auf diese Weise wird auch die Grenze des – je zeit- und kontextabhängigen – akzeptablen bzw. akzeptierten technischen „Verhaltens“ festgelegt, deren Überschreitung zu (individuellen wie institutionellen) „Abwehrreaktionen“ (Ablehnung, ineffektive Nutzung, Rückgriff auf konventionelle und bewährte Routinen oder Schemata u.ä.) führen kann. Eine Lösung der mit dem Bedürfnis der Gestaltung „nachhaltiger Technik“ verbundenen Probleme wird nur dann erfolgen können, wenn die Entwicklung einer angemessenen „technischen Kultur“ (im Rahmen von Lebens- und Gesellschaftsentwürfen) dem Spannungsfeld von individuellen und gesellschaftlichen Erforder-

---

4 Kultur sei hier verstanden als (mehr oder weniger) stabile „Muster“ (pattern) und „Praktiken“ (practices) auch der Produktion und Konsumtion. Auf den Zusammenhang von nachhaltiger Entwicklung, Technik und Kultur kann hier nicht näher eingegangen werden; vgl. näher Banse 2016a; vgl. auch Banse et al. 2011; Parodi et al. 2010, 2011.

5 Hierzu zählen auch die in ihrer Bedeutung nicht zu vernachlässigenden ritualisierten und symbolischen Handlungen.

nissen vor dem Hintergrund von Gegenwart und (wünschenswerter) Zukunft Rechnung trägt.

(d) Forderungen sind schneller aufgestellt als in operationalisierbare Vorgaben oder Anweisungen umgesetzt, und diese sind gewiss leichter formuliert denn realisiert. Die gemachten Anregungen („Forderungen“, „Erfordernisse“) bedürfen unbedingt einer Untersetzung und Erweiterung („Konkretisierung“) im Hinblick auf anwendbare Handlungs- und Verhaltensoptionen, einer „Transformation“ in Gestaltungsprinzipien und in technische Strategien, in Bewertungskriterien und in ein zweckbezogenes methodisches Instrumentarium. Dazu ist auch – wie oben bereits angedeutet – die Einbeziehung aller Akteure erforderlich, denn ohne die Berücksichtigung ihrer sicherlich differierenden Sichten ist eine Konkretisierung und Operationalisierung des Leitbildes nachhaltige Entwicklung nur schwerlich möglich, wenn nicht überhaupt gänzlich unmöglich. Es gilt herauszufinden, wo – bezogen auf Komplexität und Zeit (und damit auch auf Nachhaltigkeit) – die „goldenen Schnitte“ liegen bzw. welche Randbedingungen nichttechnischer, aber auch technischer Art bewirken, dass der „goldene Schnitt“ gerade hier und nicht dort liegen sollte oder müsste.

Vor diesem Hintergrund seien abschließend einige Zielstellung für Technik-/Technologie-Forschung und -lehre lediglich genannt:

- Nachhaltige Technologie-Innovationen müssen das Nachhaltigkeitsdreieck erfüllen. Dabei darf keine der Komponenten bevorzugt werden. Durch Export nachhaltiger Technologien und Ausrüstungen kann Deutschland zum „Nachhaltigkeitstreiber“ in der Welt werden.
- Eine nachhaltige Technologie-Ausbildung sollte in den MINT-Fächern nur in Masterstudiengängen erfolgen. Eine zweistufige Ausbildung (a) Technologie-Grundlagen (Allgemeine Prozess- und Systemtechnik) und (b) technologische Spezialisierungen (chemische, physikalische, biologische, Lebensmittel- u.a. Technologien) wird empfohlen (Hochschulwechsel nach den Grundlagen möglich bzw. erwünscht).
- Der entsprechende Qualifizierungsbedarf ist im Rahmen der Digitalisierung 4.0 für Ingenieure (Prozessgestaltung 54%) und Wirtschaftsinformatiker (e-commerce 43%) sehr hoch und sollte in der Ausbildung besonders beachtet werden (Masterausbildung, Diplomstudiengänge).
- Eine nachhaltige Technologie-Forschung muss zentrale Menschheitsprobleme lösen helfen (Ernährung, Klima, Gesundheit, Umweltschutz, Lebensstandard u.a.; siehe Tab. 2).

Tab. 2: Beiträge technischer Forschung für nachhaltige Entwicklung

Artefakt	Maßnahmen zur Nachhaltigkeit
Auto	Automatisierter Motorstop an Haltestellen, Katalysatoreinsatz „Elektroauto“, Geschwindigkeitsbegrenzungen
Flugzeuge	Kerosineinsparung durch Einsatz von Verbundwerkstoffen, Formgestaltung zur Minimierung des Widerstandsbeiwertes
Schiffe	Buggestaltung zur Widerstandsminimierung
Produktionsabfälle	stoffliche Verwertung durch neue Wirkprinzipien z.B. Bakterien, Katalysatorforschung CO <sub>2</sub> -Wandlung, Beifang bei Fischen minimieren durch neuartige Netzkonstruktionen, Recycling-Technologien entwickeln
Maschinen, Apparate, Anlagen	komplexe Prozessanalysen reduzieren den Energie- und Stoffeinsatz (z.B. optimale Rührmaschinen, Wärmeüberträger, optimale Anlagenstruktur u.v.m.)
Energieversorgung	wachsenden Anteil an erneuerbaren Energien einbringen

Eigene Darstellung

#### 4 Fazit

(1) Die Umsetzung des Nachhaltigkeits-Leitbildes ist realiter mit sogenannten „lebensweltlichen Widerfahrungen“ konfrontiert, vor allem mit dem Prognose-, dem Pluralismus- und dem Wertedilemma:

- *Prognose-Dilemma*: Inwieweit sind Aussagen über mögliche Folgen wissenschaftlich-technischer Hervorbringungen angesichts der Komplexität des Gegenstandes, der Offenheit der Zukunft und der Veränderung der Bedingungen rechtfertigbar?
- *Pluralismus-Dilemma*: Wie können die Vielfalt von handlungsleitenden Wertvorstellungen, Präferenzen, Interessen und Zielen, aber auch von Hoffnungen und Ängsten praktikabel berücksichtigt werden?
- *Werte-Dilemma*: Gibt es allgemeinverbindliche – wenn auch zustimmungspflichtige – humane und soziale Werte als Zielorientierung und Anforderungsstrategie für technisches Handeln?

Der Umgang mit diesen Dilemmata wird wohl zu Kompromissen und suboptimalen Lösungen führen. Das sollte jedoch nicht daran hindern, das Konzept der „Nachhaltigkeit“ weiter zu verfolgen, es diskutierend weiter zu konkretisieren.

- (2) Nachhaltigkeitsziele und -vorstellungen sind einem wissenschaftlichen wie gesellschaftlichen Lernprozess zu überantworten, der hinsichtlich des zu generierenden, des zu vermittelnden wie des anzueignenden Wissens weitgehend, aber nicht vollständig offen ist, denn „die Verpflichtung auf das Nachhaltigkeitspostulat schränkt die Offenheit ein“ (Kopfmüller et al. 2001, S. 367). Dieser Lernprozess kann und sollte sich auf unterschiedlichen Ebenen vollziehen: kognitives Wissen, normative Orientierung, Konflikterkennung und -bewältigung, Relevanzeinschätzung, Monitoring der Folgen von Maßnahmen (vgl. Kopfmüller et al., S. 367f.).
- (3) Nachhaltige Entwicklung ist (vor allem?) eine Frage der Kultur, denn:

„Es ist die Praxis unseres alltäglichen Tuns, es sind die kulturell eingefahrenen Gepflogenheiten und sozial eingespielten Praktiken, die große Ansatzpunkte für Verhaltensänderungen auch hin zur Nachhaltigkeit bieten.“ (Hörning 2010, S. 334)

## Literatur

- Banse, G. (1997): Nachhaltigkeit ohne Technik? Drei Thesen zu einem aktuellen Thema. In: *technica didactica*, Jg. 1, H. 1, S. 5–29
- Banse, G. (2003): Themenkreis „Humankapital und Bildung“. Einführung. In: Kopfmüller, J. (Hg.): *Den globalen Wandel gestalten. Forschung und Politik für einen nachhaltigen globalen Wandel*. Berlin, S. 63–73
- Banse, G. (2004a): Der Beitrag der interdisziplinären Technikforschung zur Weiterentwicklung der Allgemeinen Technologie. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): *Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie*. Berlin, S. 35–48 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 75)
- Banse, G. (2004b): Solarzeitalter – Nachhaltigkeit – Technikfolgenabschätzung. In: Blumenthal, G.; Öhlmann, G. (Hg.): *Solarzeitalter – Vision und Realität*. 8<sup>th</sup> Augustusburg Conference of Advanced Science 11.–13. September 2003 auf Schloß Augustusburg. Berlin, S. 13–24 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Bd. 15)
- Banse, G. (2015): Technikverständnis – Eine unendliche Geschichte... In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): *Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen*. Berlin, S. 19–34 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 122)
- Banse, G. (2016a): Technisches und Kulturelles. Anmerkungen zu historischen und aktuellen Interdependenzen. In: *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.*, S. 9–40
- Banse, G. (2016b): Über den Umgang mit Unbestimmtheit. In: *Leibniz Online. Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e. V.*, Nr. 22. – URL: <http://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2016/03/Banse.pdf>



- Banse, G.; Nelson, G. L.; Parodi, O. (eds) (2011): Sustainable Development – The Cultural Perspective. Concepts – Aspects – Examples. Berlin
- Birnbacher, D.; Schicha, Chr. (1996): Vorsorge statt Nachhaltigkeit. Ethische Grundlagen der Zukunftsverantwortung. In: Kastenholz, H. G.; Erdmann, K.-H.; Wolff, M. (Hg.): Nachhaltige Entwicklung. Zukunftschancen für Mensch und Umwelt. Berlin u.a.O., S. 141–154
- Carlowitz, H.-C. von (2013): Sylvicultura oeconomica, oder haußwirtschaftliche (haußwirthliche) Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht [1713]. Neuaufl. München
- Detzer, K. A. (1993): Unsere Verantwortung für eine umweltverträgliche Technikgestaltung. Von abstrakten Leitsätzen zu konkreten Leitbildern. Düsseldorf (VDI)
- Dierkes, M.; Hoffmann, U.; Marz, L. (1992): Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen. Berlin
- Giesel, K. D. (2007): Leitbilder in den Sozialwissenschaften. Begriffe, Theorien und Forschungskonzepte. Wiesbaden
- Grunwald, A. (Hg.) (2002a): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung. Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin
- Grunwald, A. (2002b): 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
- Hauff, V. (Hg.) (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven
- Hennen, L.; Krings, B. (1998): TA-Projekt „Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung“. Zwischenbericht. Bonn (TAB) (TAB-Arbeitsbericht Nr. 58)
- Hörning, K. H. (2010): Kultur und Nachhaltigkeit im Netz alltäglicher Lebenspraktiken. In: Parodi, O.; Banse, G.; Schaffer, A. (Hg.): Wechselspiele: Kultur und Nachhaltigkeit. Annäherungen an ein Spannungsfeld. Berlin, S. 333–345
- Huber, J. (1989): Technikbilder. Weltanschauliche Weichenstellungen der Technologie- und Umweltpolitik. Opladen
- Huber, J. (2000): Industrielle Ökologie. Konsistenz, Effizienz und Suffizienz in zyklusanalytischer Betrachtung. Baden-Baden. – URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-121622>
- Iglhaut, S. (2000): Wie inszeniert man „Nachhaltigkeit“? Wissen, Information, Kommunikation im Themenpark der EXPO 2000. In: Radermacher, F. J. (Hg.): Informationsgesellschaft und Nachhaltige Entwicklung. Ergebnisband der Stuttgart-Konferenz, 2. Juli 1998. Ulm, S. 121–134
- Kopfmüller, J.; Brandl, V.; Jörissen, J.; Paetau, M.; Banse, G.; Coenen, R.; Grunwald, A. (2001): Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Berlin
- Nowak, Z. (2005): Cleaner Production. Eine Nachhaltigkeitsstrategie für die Bereiche Produktion und Dienstleistungen – Ein polnisches Beispiel. In: Banse, G.; Kiepas, A. (Hg.): Nachhaltige Entwicklung: Von der wissenschaftlichen Forschung zur politischen Umsetzung. Berlin, S. 223–227

- Parodi, O.; Banse, G.; Ayestaran, I. (eds.) (2011): Sustainable Development – Relationships to Culture, Knowledge and Ethics. Karlsruhe
- Parodi, O.; Banse, G.; Schaffer, A. (Hg.) (2010): Wechselspiele: Kultur und Nachhaltigkeit. Annäherungen an ein Spannungsfeld. Berlin
- Ropohl, G. (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik (3. Aufl.). Karlsruhe
- Rosemann, B. (2005): Nachhaltige Entwicklung und Produktion. Zusammenhänge, Probleme und Handlungsstrategien. In: Banse, G.; Kiepas, A. (Hg.): Nachhaltige Entwicklung: Von der wissenschaftlichen Forschung zur politischen Umsetzung. Berlin, S. 193–206
- RSU – Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1996): Zur Umsetzung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Umweltgutachten 1996. Stuttgart
- Stoltenberg, U. (2010): Kultur als Dimension eines Bildungskonzepts für nachhaltige Entwicklung. In: Parodi, O.; Banse, G.; Schaffer, A. (Hg.): Wechselspiele: Kultur und Nachhaltigkeit. Annäherungen an ein Spannungsfeld. Berlin, S. 293–311
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (1991): Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Erläuterungen und Hinweise zur VDI-Richtlinie 3780. Düsseldorf (VDI)