

2 Grundlagen und theoretischer Bezugsrahmen

Dieses Kapitel dient der Einordnung des Untersuchungsgegenstandes in die wissenschaftliche Diskussion. Es werden zentrale Begriffe definiert, grundlegende Konzepte vorgestellt und erweitert sowie ein übergreifender theoretischer Bezugsrahmen gebildet. An die Thematisierung von Nachhaltigkeit bzw. nachhaltiger Entwicklung in Teilkapitel 2.1 schließt sich in Teilkapitel 2.2 die Erörterung von Innovation und technologischem Wandel an. Die Analyse von Eigenschaften und Dynamik von Kooperation und Koordination in Teilkapitel 2.3 schließt die Betrachtung der theoretischen Grundlagen ab.

2.1 Nachhaltigkeit und nachhaltige Entwicklung

Die öffentliche Debatte nutzt den Begriff der **Nachhaltigkeit** inflationär, wobei die Forderung nach Nachhaltigkeit in vielen Fällen rein auf ökologische Aspekte abzielt. Die ökologische Dimension spiegelt jedoch lediglich einen Ausschnitt eines holistischen Leitbildes wider.¹¹ Da zur Analyse der hier untersuchten, dynamischen Marktveränderungsprozesse ein umfassendes Verständnis von Nachhaltigkeit und deren entsprechender Entwicklung wesentlich ist, werden in diesem Teilkapitel der Begriff der Nachhaltigkeit definiert (Abschnitt 2.1.1), relevante Konzepte vorgestellt (Abschnitt 2.1.2) und die Perspektive einer systemisch-nachhaltigen Entwicklung herausgearbeitet (Abschnitt 2.1.3). Schließlich werden die Nachhaltigkeitskonzepte zu einer Nachhaltigkeitssystematik vereint, welche als Gradmesser für die hier diskutierte technologische Diskontinuität dient (Abschnitt 2.1.4).

2.1.1 Historie und Definition des Nachhaltigkeitsbegriffs

Die Begriffe der **Nachhaltigkeit** bzw. der **nachhaltigen Entwicklung** treten seit den 1980er Jahren zunehmend als Leitbild bzw. normativer Handlungsrahmen für eine gesellschaftliche Entwicklung in den Fokus der öffentlichen Diskussion.¹² Als Grundlage einer adäquaten Definition des Nachhaltigkeitsbegriffs erfolgt ein kurzer Blick auf dessen Historie, in der eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen, Konzepte und Anwendungsbeispiele publiziert wurden. Die 1983 gegründete Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED) legte 1987 mit der Publikation des Brundtland-Berichts unter dem Titel *Our Common Future*¹³ den Grundstein einer modernen Definition von Nachhaltigkeit und seiner heutigen Bedeutung als Leitbild. Sie definiert nachhaltige Entwicklung als eine Entwicklung, die die Befriedigung der Bedürfnisse der lebenden Generationen ermöglicht, ohne dabei die Möglichkeiten der Be-

¹¹ Vgl. REMIGIJUS et al. 2009, Seite 31 f.

¹² Vgl. GRABE 2010, Seite 12. Der deutsche Begriff *Nachhaltigkeit* und der englische Ausdruck *sustainability* werden gemeinhin synonym verwendet. Vgl. GRABE 2010, Seite 16

¹³ Vgl. BRUNDTLAND 1987, Seite 3

dürfnisbefriedigung künftiger Generationen zu gefährden.¹⁴ Kern dieser Definition, der nachfolgende Umweltabkommen maßgeblich prägte,¹⁵ ist die intertemporal-generationsübergreifende Perspektive der Bedürfnisbefriedigung. Diese ist gekoppelt mit der ethischen Komponente der Gleichbehandlung bzw. Chancengleichheit von Generationen, was Nachhaltigkeit zu einem gesellschaftlich-normativen Leitbild werden lässt, das eine globale, zukunftsorientierte Denkhaltung fordert.¹⁶ Der Begriff Nachhaltigkeit bezeichnet was resilient, d. h. tragfähig und auf Dauer angelegt, ist, sodass es gegen den ökologischen, ökonomischen und sozialen Zusammenbruch standhält.¹⁷ Hieraus wird ebenfalls der dreidimensionale Charakter des Nachhaltigkeitsbegriffs offensichtlich, der eine integrierte Perspektive aus ökonomischem, ökologischem und sozialem Blickwinkel fordert.¹⁸ Auf Grundlage von Mehrdimensionalität und normativem Imperativ wurde in der Nachhaltigkeitsforschung verschiedentlich der Versuch unternommen, das Leitbild der Nachhaltigkeit in Form von Nachhaltigkeitskonzepten zu operationalisieren. Eine besondere Rolle nimmt dabei die Versorgungsreichweite bzw. Endlichkeit von Ressourcen ein,¹⁹ die sowohl zur Erstellung als auch für den Betrieb von Technik benötigt werden. Technologische Neuerungen lassen sich demnach hinsichtlich ihres Bedarfs an endlichen Ressourcen bzw. ihres Potenzials für ökologisch nachhaltigen, technologischen Fortschritt bewerten. Diese Perspektive wird auch durch die in der Literatur verbreitete Haltung gestützt, dass, neben den in vielen Fällen die Diskussion dominierenden ökonomischen Perspektiven von Innovationen, ergänzend die Frage nach ökologischen und sozialen Potenzialen gestellt werden muss.²⁰ Auf diesen Zusammenhang wird innerhalb des Brundtland-Reports verwiesen, indem nachhaltige Entwicklung als eine Dynamik beschrieben wird, die die Exploitation von Ressourcen, die Richtung von Investitionen, die Orientierung technologischer Entwicklung und den institutionellen Wandel in eine Harmonie bringt und die sowohl das aktuelle als auch das künftige Potenzial zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse erhöht.²¹ Diese Definition von Nachhaltigkeit verdeutlicht im Besonderen die Interdependenz zwischen der Nutzung von Ressourcen, Investitionen, technologischer Entwicklung und institutionellem Wandel. Eine Wechselbeziehung besteht zudem zwischen Nachhal-

¹⁴ Vgl. BRUNDTLAND 1987, Seite 54, Absatz 1, Satz 1. Vgl. in Ergänzung auch "Sustainable development seeks to meet the needs and aspirations of the present without compromising the ability to meet those of the future." BRUNDTLAND 1987, Seite 51, Absatz 49, Satz 1

¹⁵ Der Begriff Umwelt ist durch die anthropogene Perspektive geprägt und bezieht sich auf die Gesamtheit der den menschlichen Lebensraum definierenden natürlichen Gegebenheiten. Vgl. SIEBERT 1978, Seite 8

¹⁶ Vgl. BARTMANN 2001, Seite 50

¹⁷ Vgl. GROBER 2010, Seite 14

¹⁸ Vgl. KLÖPFER/GRAHL 2009, Seite 384 sowie tiefergehend zu den Dimensionen KOPFMÜLLER et al. 2001, Seite 47 ff. sowie VON HAUFF/KLEINE 2009, Seite 15 ff. Tabellarische Übersichten zu Problemen, Kriterien und Zielen der Nachhaltigkeitsdimensionen bietet ROGALL 2009 auf Seite 35 und Seite 46.

¹⁹ Vgl. KRÜGER/BIZER 2009, Seite 2

²⁰ Vgl. KRÜGER/BIZER 2009, Seite 1

²¹ Vgl. BRUNDTLAND 1987, Seite 57, Absatz 15

tigkeit und technologischem Fortschritt, wobei letzterer als Ursache und Lösung von (v. a. ökologischen) Problemlagen identifiziert wird.²²

2.1.2 Konzeptualisierung von Nachhaltigkeit

Zur Operationalisierung des Verständnisses von Nachhaltigkeit bzw. nachhaltiger Entwicklung wurden in der Nachhaltigkeitsforschung zahlreiche Konzepte entwickelt, die, ausgehend vom Brundtland-Report, von sehr einfachen bis zu mehrdimensional-komplexen Ansätzen reichen. Als Beurteilungsgrundlage bzw. Gradmesser dienen dabei konzeptabhängig die intra- und intergenerative Erhaltung von sozialem Wohlergehen,²³ die Bewahrung des vorhandenen Kapitalstocks oder die Begrenzung bzw. Minimierung negativer Auswirkungen anthropogener Handlung. Die Operationalisierung eines Zielsystems erfolgt in zahlreichen Fällen mittels Indikatorssets, zum Teil auf mehreren Ebenen.²⁴ Die für diese Untersuchung wesentlichen Konzepte der Nachhaltigkeitsforschung werden im Folgenden vorgestellt.

Sehr schwache Nachhaltigkeit

Unmittelbares Resultat des Brundtland-Berichts ist das Konzept **sehr schwacher Nachhaltigkeit**. Als Gradmesser bzw. intergenerativer Zielparameter dient hier das soziale Wohlergehen, welches allerdings nicht näher detailliert wird. Prämisse für eine Einstufung als nachhaltig ist in diesem Rahmen lediglich die intertemporale Grundlage sozialen Wohlergehens. Die Art und Weise des Nachweises im Anwendungsfall bleibt unscharf. Die Beantwortung der Frage, ob das soziale Wohlergehen künftiger Generationen durch eine Entscheidung oder Verhaltensweise in der Gegenwart negativ beeinträchtigt wird, ist häufig kaum möglich oder nur subjektiv beantwortbar. Anthropogenes Verhalten, inkl. der Nutzung von Ressourcen, erfährt durch eine sehr schwach nachhaltige Grundorientierung kaum konkrete Einschränkungen, sodass praktisch kein Innovationsdruck resultiert.

Schwache Nachhaltigkeit

Das Konzept der **schwachen Nachhaltigkeit** geht zurück auf Pearce und Turner.²⁵ Es spiegelt die neoklassische Perspektive bzw. Operationalisierung des Nachhaltigkeitsgedankens wider und bemisst die Generationengerechtigkeit am Kapitalstock der Volkswirtschaft.²⁶ Dieser

²² Vgl. DOLATA 2008b, Seite 261

²³ Vgl. HAGEMANN/VON HAUFF 2010, Seite 15 sowie VON HAUFF/JÖRG 2013, Seite 2

²⁴ Indikatorssets sind Zielsysteme zur Messung bzw. Bewertung von Nachhaltigkeit und enthalten meist ebenspezifische Zielparameter bzw. Grenzwerte. Vgl. KRÜGER/BIZER 2009, Seite 5 ff. sowie EDLER 2005, Seite 5 ff.

²⁵ Vgl. PEARCE/TURNER 1990, Seite 43 ff.

²⁶ Vgl. VON HAUFF/KLEINE 2009, Seite 24 ff. Aus neoklassischer bzw. umweltökonomischer Sicht lässt sich das Dilemma des beschleunigten Zusteuerns auf den Kollaps des globalen Ökosystems durch die Charakteristik der Umwelt als öffentliches bzw. Allmendegut erklären: Es tritt Nicht-Ausschließbarkeit sowie

wird im Rahmen der Nachhaltigkeitsforschung in natürliches und produziertes Kapital kategorisiert, wobei sich produziertes Kapital aus Sach-, Human- und Sozialkapital zusammensetzt.²⁷ Anders ausgedrückt ist produziertes Kapital verarbeitetes natürliches Kapital.²⁸ Während Sachkapital die Summe aus Maschinen und Anlagen darstellt, ist Humankapital die Summe der menschlichen Arbeitskräfte inkl. deren Qualifikationen und Fähigkeiten. Das Sozialkapital bildet die Anzahl und Eigenschaften bestehender Beziehungen ab. Natürliches Kapital bzw. Naturkapital dagegen umfasst die Quellen für Energie und Rohstoffe einschließlich der Flächen und Senken für Schadstoffe in Form von Luft, Boden und Wasser.²⁹ Zudem wird Naturkapital tiefergehend in erneuerbare und nicht-erneuerbare Anteile unterschieden.³⁰ Das Konzept der schwachen Nachhaltigkeit geht auf Basis dieses Kapitalverständnisses von vollständiger Substituierbarkeit der Kapitalformen aus.³¹ Als Nachhaltigkeitsprämisse wird die Konstanz des Gesamtkapitalstocks und somit die Aufrechterhaltung der Summe aller Kapitalformen definiert, wobei, wie auch bei allen in der Folge dargestellten Nachhaltigkeitskonzepten, Umwandlungsverluste bei der Transformation von Kapital vernachlässigt werden.³² Der Transfer dieses Nachhaltigkeitskonzeptes auf reales Wirtschaften führt dazu, dass jegliche Nutzung von Ressourcen, die zu einer Umwandlung in eine andere Kapitalform führt, zulässig ist, solange eine Kompensation in gleicher Höhe durch Steigerung der Summe einer anderen Kapitalform erfolgt. Der gesamte Kapitalstock der Volkswirtschaft bleibt somit in Summe erhalten. Diese Annahme vollständiger Substituierbarkeit ist kritisch zu sehen. So wäre bspw. ein Abholzen des globalen Waldbestandes nachhaltig, so lange das Naturkapital Wald entsprechend in Sachkapital, z. B. in Form von Häusern, umgewandelt würde. Allein dieses Beispiel verdeutlicht, dass in der Realität keine vollständige Substituierbarkeit vorliegen kann. Speziell bei natürlichem Kapital handelt es sich häufig um nicht substituierbare Ressourcen.³³ Da die Regenerationsfähigkeit natürlichen Kapitals im Konzept der schwachen Nachhaltigkeit

bedingt auch Nicht-Rivalität im Konsum auf, woraus eine Trittbrettfahrer-Mentalität resultiert. Ein Beispiel hierfür ist die Ozonschicht unserer Atmosphäre, deren Zersetzung trotz Bekanntheit ursächlicher Schadstoffe und resultierender negativer Auswirkungen durch zunehmende Emissionen beschleunigt wird. Auf Basis dieses Grundverständnisses werden Konzepte zu Internalisierung externer Umwelteffekte entwickelt, so z. B. die Verbriefung von Emissionsrechten oder Ökosteuern. Vgl. BRANDES et al. 1997, Seite 197 ff. sowie HOLZHAUSEN 2004, Seite 134 ff. und BABELER et al. 2006, Seite 882 ff.

²⁷ Vgl. REMIGIUS et al. 2009, Seite 30 und KRUEGER/BIZER 2009, Seite 2

²⁸ Vgl. KRUEGER/BIZER 2009, Seite 2

²⁹ Natürliche Senken können Schadstoffe aufnehmen und sind somit das Gegenteil von Schadstoffquellen.

³⁰ Die Beurteilung der Regenerier- bzw. Erneuerbarkeit von Kapital hängt stark vom Betrachtungszeitraum ab. So wird ein für die Holzgewinnung gefällter Baum sicherlich gemeinhin als regenerierbar bezeichnet, da innerhalb einer menschlichen Generation (wie im Brundtland-Bericht gefordert) bzw. weniger Jahrzehnte ein Baum nachwachsen kann. Nach der Verbrennung von Kohle hingegen benötigt deren Regeneration Zeiträume von Hunderttausenden bis Millionen Jahren, sodass fossile Energieträger als nicht regenerativ gelten.

³¹ Vgl. EDLER 2005, Seite 2 sowie DALY 2007, Seite 15

³² Diese Modellierung erfolgt analog der Vernachlässigung von Reibung in physikalischen Modellen.

³³ Vgl. KRÜGER/BIZER 2009, Seite 3

eine untergeordnete Rolle spielt, ist das Konzept als anthropozentrisch einzustufen.³⁴ Zudem führt es aufgrund der Annahme vollständiger Substituierbarkeit der Kapitalformen nur bedingt zu Innovationsdruck, da eine massive Ausbeutung von Ressourcen bis zu deren Erschöpfung zulässig ist.

Starke Nachhaltigkeit

Das von Daly entwickelte Konzept der **starken Nachhaltigkeit** basiert ebenfalls auf der Kapitalstockperspektive.³⁵ Es entspricht der Perspektive der ökologischen Ökonomik.³⁶ Grundlage dieser Operationalisierung von Nachhaltigkeit ist die Verschiebung der wachstums- bzw. entwicklungsbegrenzenden Parameter durch die Industrialisierung.³⁷ Natürliches und produziertes Kapital werden nicht als substitutiv, sondern als komplementär wahrgenommen, wobei das vorhandene natürliche Kapital aufgrund seiner Eigenschaft als entwicklungsbegrenzender Faktor erhalten werden muss.³⁸ Aus dieser Haltung ergeben sich biophysische Grenzen ökonomischen Wachstums, die entweder durch begrenzte ökologische Verfügbarkeit an Rohmaterial und Energie oder durch eingeschränkte Belastbarkeit natürlicher Senken für Schadstoffe und Energie begründet sind.³⁹ Daly nennt in diesem Rahmen eine Entwicklung der Überkompensation des Wohlstandsgewinns einer Produktionssteigerung (utility) durch dafür aufgewendete Ressourcen (disutility), d. h. das Phänomen einer negativen Aufwand-Nutzen-Bilanz bzgl. des gesellschaftlichen Wohlergehens, *unökonomisches Wachstum*.⁴⁰ Nachhaltige Entwicklung impliziert demnach die Rücksichtnahme auf ökologische Einschränkungen in Form von absorptiven und regenerativen Kapazitäten.⁴¹ Die im Rahmen der schwachen Nachhaltigkeit unterstellte Substituierbarkeit zwischen natürlichem und produziertem Kapital wird verworfen und durch eine komplementäre Auffassung der Kapitalformen ersetzt, sodass sich die Erhaltung dieser Kapitalstöcke als Nachhaltigkeitsprämisse ergibt. Hieraus folgt, dass praktisch keine wirtschaftlichen Aktivitäten als nachhaltig gelten, die auf nicht regenerierbare

³⁴ Vgl. STEURER 2001, Seite 552

³⁵ Vgl. DALY 1996, Seite 76

³⁶ Vgl. VON HAUFF/KLEINE 2009, Seite 29 ff. Da Märkte prinzipiell nur die Bedürfnisse der lebenden Menschen berücksichtigen, fokussiert die ökologische Ökonomik über Externalitäten hinaus auch den intergenerativen Zusammenhang von Ursache und Auswirkung der Beeinträchtigung des Ökosystems. Es wird eine langfristige, generationsübergreifende Verfügbarkeit der Kapitalarten (intertemporale Allokation) angestrebt. Vgl. BABELER et al. 2006, Seite 882 ff.

³⁷ Während bspw. beim Fischfang in Zeiten vor der Industrialisierung die Fischereikapazitäten (v. a. die Anzahl der Boote) den begrenzenden Faktor bildeten, sind es heute die Fischbestände. Die Perspektive der schwachen Nachhaltigkeit unterstellt in diesem Fall, man könne diesem Problem mit mehr Fischerbooten begegnen, was offensichtlich nicht korrekt ist. Vgl. DALY 2007, Seite 15

³⁸ Vgl. DALY 1990, Seite 3 und DALY 2007, Seite 15

³⁹ Vgl. DALY 1996, Seite 159

⁴⁰ Vgl. DALY 1990, Seite 5 und DALY 2007, Seite 16 f.

⁴¹ Vgl. DALY 1990, Seite 2 sowie DALY 1996, Seite 165

Ressourcen zurückgreifen.⁴² Es ergibt sich lediglich eine Ausnahme, wenn die Reduktion nicht erneuerbarer Kapitalanteile durch aktive Regenerationsmaßnahmen bei erneuerbaren Anteilen im gleichen Sektor kompensiert wird.⁴³ Für regenerierbare Ressourcen ergibt sich eine Nutzungsgrenze auf dem Niveau ihrer Regenerationsfähigkeit. Zusammenfassend darf die Nutzungsrate natürlichen Kapitals im Konzept starker Nachhaltigkeit maximal dessen Regenerationsrate entsprechen.⁴⁴ Wirtschaftliche Aktivitäten sind somit im Allgemeinen nur bedingt möglich, sodass dieses Konzept in der Realität kaum einzuhalten ist.⁴⁵ Stark nachhaltige Entwicklung führt in einer Volkswirtschaft aufgrund der Komplementarität der Kapitalformen zu hohem Innovationsdruck, da die Nutzung natürlicher Ressourcen nur eingeschränkt möglich ist. Aufgrund der starken Orientierung an der Erhaltung des Naturkapitals ist dieses Konzept als ökozentrisch einzustufen.⁴⁶

Vernünftige Nachhaltigkeit

Das Konzept der **vernünftigen Nachhaltigkeit** geht zurück auf Serageldin und nimmt eine Mittelstellung zwischen starker und schwacher Nachhaltigkeit ein, indem es die Homogenität der Kapitalarten aufgibt und von partieller gegenseitiger Substituierbarkeit ausgeht.⁴⁷ Dieser Ansatz wird zum Teil auch als *ausgewogene Nachhaltigkeit* bezeichnet.⁴⁸ Die Formen des Kapitals, und somit auch das natürliche Kapital, werden in einen nicht substituierbaren (essenziellen) und einen substituierbaren (nicht essenziellen) Anteil getrennt,⁴⁹ wobei Identifikation und Schutz der essenziellen Bestandteile die zentrale Herausforderung darstellen.⁵⁰ Die nicht substituierbaren Anteile müssen stark nachhaltig behandelt werden, d. h. ihre Kapitalsumme wird erhalten. Nicht essenzielle Kapitalanteile dagegen dürfen schwach nachhaltig konsumiert bzw. substituiert werden. Wie bei den vorherigen Konzepten muss auch bei vernünftiger Nachhaltigkeit der gesamtwirtschaftliche Kapitalstock erhalten werden. Um eine vernünftig nachhaltige Entwicklung anzustreben, muss ferner die Nutzung essenzieller Kapitalanteile auf maximal das regenerative Niveau reduziert bzw. durch Entwicklung von

⁴² Vgl. KRÜGER/BIZER 2009, Seite 3

⁴³ Diese intrasektorale Substitution ist jedoch kritisch zu werten, da unklar bleibt wie z. B. der Verbrauch fossiler Energieträger durch Aufforstung substituiert- bzw. kompensierbar sein soll.

⁴⁴ Vgl. HOFF 2012, Seite 11

⁴⁵ Vgl. EDLER 2005, Seite 2

⁴⁶ Vgl. STEURER 2001, Seite 555

⁴⁷ Vgl. SERAGELDIN 1996, Seite 8. Der Autor betont, dass natürliches und durch den Menschen erstelltes Kapital sowohl substituierbare als auch komplementäre Anteile aufweist. Da allerdings die Substituierbarkeitsgrenzen der Kapitalformen unklar sind, muss das Vorsichtsprinzip gelten und im Zweifel von Komplementarität ausgegangen werden, insbesondere bei Naturkapital.

⁴⁸ Vgl. VON HAUFF/JÖRG 2013, Seite 130 ff.

⁴⁹ Vgl. KRÜDER/BIZER 2009, Seite 3

⁵⁰ Vgl. EDLER 2005, Seite 2

Backstop-Technologien beendet werden.⁵¹ Diese Art der Problemlösung im Umgang mit ökologischen Knappheitsgrenzen basiert auf technologischem Optimismus,⁵² d. h. einem Hoffen auf Problembewältigung mittels technischer Innovationen.⁵³ Der konzeptionelle Mittelweg vernünftiger Nachhaltigkeit führt zu sehr hohem Innovationsdruck auf Seiten der stark nachhaltig zu behandelnden essenziellen und zu geringem Innovationsdruck auf Seiten der substituierbaren Kapitalanteile. Das Konzept nimmt somit mit seiner öko-anthropozentrischen Ausrichtung auch hinsichtlich der Stimulation von Innovation eine Mittelstellung ein.⁵⁴

Ökologischer Fußabdruck

Neben den bisher dargestellten Operationalisierungen von Nachhaltigkeit zur Erhaltung des Kapitalstocks besteht ein alternativer, physisch ausgerichteter Ansatz darin, die Konsequenzen bzw. negativen Auswirkungen anthropogener Nutzung von Kapital zum Maßstab nachhaltiger Entwicklung zu machen.⁵⁵ Dieses als **ökologischer Fußabdruck** (*ecological footprint*) bezeichnete Konzept fokussiert, auch aufgrund der Problematik der Erfassung des Bestands natürlichen Kapitals, besonders auf die Quantifizierung der Grenzen der Naturbelastung.⁵⁶ Erweiterungen dieses Ansatzes stellen auf die Analyse von Flussgrößen ab und ermöglichen die Transformation des Konzepts auf produziertes Kapital.⁵⁷ Auf diese Weise können auch ökonomische Güterströme, physische Energie- und Stoffströme oder auch Flächenverbräuche zur Bewertung nachhaltiger Entwicklung herangezogen werden.⁵⁸ Die Betrachtung physischer Stoffströme zeigt sich besonders in Bereichen als vorteilhaft, in denen die Politik Einfluss auf Stoffströme hat, die Kapitalbestände allerdings unbekannt sind.⁵⁹ Die Anwendung des physisch ausgerichteten Nachhaltigkeitsansatzes des ökologischen Fußabdrucks führt v. a. dort zu hohem Innovationsdruck, wo natürliche Schadstoffsenken wie Luft, Boden und Wasser übermäßig beansprucht werden. Ein Beispiel hierfür ist der Ausstoß von Schadgasen in die Atmosphäre.

⁵¹ *Backstop*-Technologien nutzen unbegrenzt zur Verfügung stehende Ressourcen, wie z. B. Sonnenlicht oder Wind, und substituieren bisherige Technologien, die auf die Nutzung begrenzt verfügbarer Ressourcen angewiesen waren. Vgl. POPP 2006, Seite 188 ff. bzw. Abschnitt 3.3.2

⁵² Vgl. SOLOW 1974, Seite 10 f. und DUJMOVITS 2009, Seite 2. Zum Konzept einer technologiegeleiteten Klimapolitik vgl. GALIANA/GREEN 2009, Seite 1 ff. In diesem Kontext bezeichnet der Ansatz des *technological utopianism* die Überzeugung technologiebasiert eine perfekte Gesellschaft erschaffen zu können. Vgl. SEGAL 2005, Seite 10

⁵³ Vgl. WEHRSPAUN 2012, Seite 57

⁵⁴ Vgl. STEURER 2001, Seite 557

⁵⁵ Vgl. EDLER 2005, Seite 3

⁵⁶ Vgl. BOULDING 1978 und DALY 1996, Seite 165

⁵⁷ Vgl. HINTERBERGER et al. 1997

⁵⁸ Vgl. KRÜGER/BIZER 2009, Seite 4

⁵⁹ Vgl. EDLER 2005, Seite 3

2.1.3 Systemische Perspektive nachhaltiger Entwicklung

Basierend auf der Mehrdimensionalität des Leitbildes der Nachhaltigkeit versteht die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages Nachhaltigkeit als in ökonomischer, ökologischer und sozialer Hinsicht dauerhaft zukunftsfähige Entwicklung, im Rahmen derer die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit in Wechselwirkung stehen und langfristig ausgewogene Koordination erfordern.⁶⁰ Diese Auffassung versteht Nachhaltigkeit als komplexes System, das aus interagierenden, gleichrangigen Subsystemen ökologischer, ökonomischer und sozialer Art besteht,⁶¹ deren Beziehungen auch durch ethische Aspekte geprägt werden.⁶² Jedes Subsystem weist eigene Dynamiken, Gesetzmäßigkeiten sowie räumliche und zeitliche Strukturen auf, wobei nur eine simultane Erhaltung der Funktionsdynamiken aller drei Einzelsysteme Funktion und Resistenz des Gesamtsystems gewährleistet.⁶³ Nachhaltige Entwicklung ist somit als komplexe Koevolution mit dem Ziel inter- und intragenerationeller Gerechtigkeit zu verstehen, die konfligierende Such-, Lern- und Gestaltungsprozesse heterogener Akteure einschließt.⁶⁴ Neben den Ebenen systemischer Nachhaltigkeit ergeben sich bei der Anwendung des Leitbildes allerdings auch unterschiedliche Anwendungsebenen, die von supranationaler Perspektive (z. B. Kyoto-Protokoll) bis zur Akteursebene (Nachhaltige Unternehmensführung z. B. durch Corporate Social Responsibility) reichen.⁶⁵ Nachhaltige Entwicklung kann durch Innovationen begünstigt oder gar erzielt werden,⁶⁶ wobei im Rahmen dieser Untersuchung technische Innovationen bzw. technischer Fortschritt als Lösungsmechanismus im Vordergrund stehen. Diese stehen wiederum in einem systemischen Zusammenhang mit anderen Innovationsformen, bspw. bedingen sie Veränderungen im Verhalten oder in Institutionen bzw. umgekehrt.⁶⁷ Innovationen können in diesem Zusammenhang nachhaltige Entwicklung begünstigen. Zur Erschließung dieses Potenzials bedarf es allerdings eines spezifischen Anreizsystems aus Ziel-, Regel-, Sanktions- und Informationssystem, das einen wirtschaftspolitischen Rahmen bildet.⁶⁸ Ein Erreichen selbst bescheidener Umweltziele erfordert in diesem

⁶⁰ Vgl. BUNDESTAG 1998, Seite 16 ff. sowie Seite 47

⁶¹ Die Gleichrangigkeit der drei Subsysteme wird zum Teil kritisiert. So forderte bspw. 2002 der Sachverständigenrat des Bundestages für Umweltfragen einen ökologischen Fokus. Damit trägt er der Tatsache Rechnung, dass im Umweltschutz im Vergleich zu ökonomischen und sozialen Zielen umfangreicher Nachholbedarf existiert und im Hinblick auf langfristige Stabilisierung die größten Defizite vorhanden sind. Vgl. BUNDESTAG 2002, Seite 68

⁶² Vgl. REMIGIJUS et al. 2009, Seite 32 ff.

⁶³ Vgl. EDLER 2005, Seite 3 sowie REMIGIJUS et al. 2009, Seite 33

⁶⁴ Vgl. HEINRICHS et al. 2011, Seite 11 und GRABE 2010, Seite 17 ff.

⁶⁵ Vgl. BRUNNER 2006, Seite 19 ff.

⁶⁶ Vgl. KRÜGER/BIZER 2009, Seite 12 ff. sowie beispielhaft die innovationspolitischen Anstrengungen der Bundesrepublik Deutschland mit dem Ziel, durch Intensivierung von Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen Produktions- und Konsummuster in Richtung Nachhaltigkeit weiterzuentwickeln und so Generationengerechtigkeit zu erreichen. Vgl. DESTATIS 2012, Seite 24

⁶⁷ Vgl. MAJER 1998, Seite 230

⁶⁸ Vgl. REMIGIJUS et al. 2009, Seite 34 sowie KRÜGER/BIZER 2009, Seite 12 ff.

Rahmen tiefgreifende Innovationen.⁶⁹ Abschließend bleibt festzuhalten, dass, abweichend vom Leitbild der Nachhaltigkeit, in etablierten marktwirtschaftlichen Systemen die ökonomische Dimension offensichtlich gegenüber der sozialen und v. a. der ökologischen dominant ist. Zur Lösung resultierender Probleme ist ein Paradigmenwechsel hin zu dreidimensionaler Gleichrangigkeit entscheidend, der lediglich in einem langfristigen Prozess entlang des Pfades nachhaltiger Entwicklung realisierbar ist.⁷⁰

2.1.4 Nachhaltigkeitssystematik dieser Untersuchung

Ziel dieses Abschnittes ist die Entwicklung einer Nachhaltigkeitssystematik als Gradmesser für den hier diskutierten technologischen Paradigmenwechsel, wobei zuerst eine kritische Reflexion des bereits dargestellten Standes der Nachhaltigkeitsforschung erfolgt. Vorab soll betont werden, dass Nachhaltigkeit in ihrer idealisierten Form als **utopisch** bezeichnet werden kann.⁷¹ Grund dafür ist, neben der Dynamik der Nachhaltigkeit und ihrer Beurteilung vor aktuellem Werte-, Wissens- und Verständnishintergrund, besonders auch die ambitionierte Ausrichtung dieses Leitbildes.⁷² Das normativ-ethische Prinzip der Nachhaltigkeit wird deshalb in der Literatur u. a. als ethischer Idealzustand bezeichnet.⁷³ Der ambitionierte Charakter von Nachhaltigkeit wird auch daran deutlich, dass die aktuelle Entwicklung massiv Restriktionen sowohl schwacher als auch starker Nachhaltigkeit verletzt.⁷⁴ Dabei ist jüngst v. a. die **ökologische Dimension problematisch**, die zunehmend zum Hohlweg wirtschaftlicher Entwicklung wird und folglich eine besondere Position einnimmt.⁷⁵ Für die Umweltpolitik ergibt sich daraus die Empfehlung einer Investitionsstrategie in Naturkapital, wobei die Erhaltungsregel als Verschlechterungsverbot, die Investitionsregel als Verbesserungsauftrag zu verstehen ist.⁷⁶ Der bisherige Stand der Wissenschaft zeigt, dass die konkurrierenden Konzepte schwacher und starker Nachhaltigkeit wegen ihrer Grundannahmen (v. a. bzgl. der Substituierbarkeit) weder als korrekt nachgewiesen, noch falsifiziert werden können.⁷⁷ Dies gilt in der Folge konsequenterweise auch für ihre Kombination im Konzept vernünftiger Nachhaltigkeit. Die

⁶⁹ Vgl. RENNINGS 2005, Seite 2

⁷⁰ Vgl. VON HAUFF/KLEINE 2009, Seite 9 ff. und HAGEMANN/VON HAUFF 2010, Seite 16 sowie VON HAUFF/JÖRG 2013, Seite 11 ff.

⁷¹ Vgl. HEDRÉN 2009, Seite 220

⁷² Wehrspau fordert vor diesem Hintergrund eine erhebliche Dynamisierung des Nachhaltigkeitsverständnisses aus evolutorsch-konstruktivistischer Perspektive, die im Einklang mit den Impulsen Schumpeters über die bloße Wiederherstellung von Gleichgewichten hinausgeht. Vgl. WEHRSPAUN 2012, Seite 58

⁷³ Vgl. REMIGIJUS et al. 2009, Seite 30

⁷⁴ Diese Nachhaltigkeitsrestriktionen werden in der Literatur als *sustainability constraints* bezeichnet. Vgl. DÖRING 2004, Seite 16

⁷⁵ Vgl. BUNDESTAG 2002, Seite 68

⁷⁶ Vgl. DÖRING 2004, Seite 7

⁷⁷ Vgl. NEUMEYER 2010, Seite 3. Die Korrektheit von Nachhaltigkeitskonzepten hängt von der (axiomartigen) Akzeptanz ihrer Grundannahmen bzgl. technischem Fortschritt (*Backstop*-Technologien) und Substituierbarkeit ab, die entweder nicht zugelassen oder intra- bzw. intersektoral möglich sein kann. Vgl. für eine Diskussion dieses Aspekts NEUMEYER 2010, Seite 45 ff.

Annahme vollständiger Substituierbarkeit im Rahmen der schwachen Nachhaltigkeit erlaubt den offensichtlich übermäßigen Konsum von Naturkapital bis hin zu einer künstlichen Welt ohne natürliches Kapital.⁷⁸ Demgegenüber stellt sich bei starker Nachhaltigkeit die Frage nach der Zulässigkeit der Substitution innerhalb eines Kapitalblocks, deren Verneinung offensichtlich das Ende jeglicher Wirtschaftstätigkeit bedingt.⁷⁹ Umgekehrt bleibt ebenfalls fraglich, inwiefern der Konsum von Erdöl durch Aufforstung, jedoch nicht durch Wissen wie z. B. Technologien zur Kraftstoffeinsparung, substituierbar sein soll. Bei Kombination dieser Konzepte im Rahmen vernünftiger Nachhaltigkeit verbleibt zusätzlich die Schwierigkeit der Identifikation und Mengenerfassung essenzieller bzw. nicht substituierbarer Anteile. Diese Herausforderung tritt im Besonderen bei natürlichem Kapital auf,⁸⁰ sodass eine alternative bzw. ergänzende Konzeptualisierung für die ökologische Dimension entwickelt wurde. Der ökologische Fußabdruck konzentriert sich nicht auf die vorhandene Menge und Substitution von natürlichem Kapital, sondern auf die Auswirkungen seiner Nutzung. Das Konzept ist aufgrund dieser abweichenden Perspektive nicht direkt vergleichbar, bietet sich jedoch aufgrund seiner Analytik besonders im Bereich natürlicher Schadstoffsenken an.

Auf Basis dieser kurzen Vorstellung und Kritik grundlegender Konzeptualisierungen von Nachhaltigkeit und entsprechender Entwicklung, wird nun die auf das Untersuchungsobjekt zugeschnittene **Nachhaltigkeitssystematik** vorgestellt. Diese wird im Fortgang zur Analyse und Beurteilung des Nachhaltigkeitspotenzials technologischer Paradigmen dienen. Um dabei die restriktive Wirkung einer einseitigen Fokussierung auf ein singuläres Konzept zu vermeiden, erfolgt eine systematische Verkettung bisheriger Ansätze. Diese Kombinatorik führt zu einer integrierten Nachhaltigkeitssystematik, die im weiteren Verlauf eine übergreifende Argumentation auf verschiedenen Ebenen ermöglicht. Grundsätzlich stützt sich der Ansatz auf das etablierte **Drei-Säulen-Modell** mit ökologischer, ökonomischer und sozialer Dimension. Entgegen der zum Teil geforderten Priorisierung der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension werden die drei Säulen hier als gleichrangig eingestuft. Der sich verdichtenden Rolle der Ökologie als entwicklungsbegrenzender Faktor wird dadurch Rechnung getragen, dass hier problembezogen das Nachhaltigkeitskonzept des ökologischen Fußabdrucks, ergänzend zur Kapitalstockperspektive, in die Argumentation einbezogen wird. Auf diese Weise wird eine auf Auswirkungen und Belastungsgrenzen zugeschnittene Beweisführung ökologischer Nachhaltigkeitsstörungen ermöglicht, ohne dass eine *primus inter pares*-Stellung der ökologischen Dimension entsteht.

Die analytische Einnahme der **Kapitalstockperspektive** erfolgt für die ökonomische und soziale Dimension sowie ergänzend für Quellen im Bereich des natürlichen Kapitals. Auf diese

⁷⁸ Vgl. DÖRING 2004, Seite 5

⁷⁹ Vgl. RADTKE 2001, Seite 76

⁸⁰ Vgl. DÖRING 2004, Seite 6



<http://www.springer.com/978-3-658-09991-6>

Kooperation als Strategie technologischen
Paradigmenwechsels

Eine nachhaltigkeitsbasierte Untersuchung der
Elektrifizierung des Automobils

Knappe, M.

2015, XXV, 352 S. 35 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-09991-6