

NACHHALTIGE PRODUKTENTWICKLUNG

MÖGLICHKEITEN ZUR NEUGESTALTUNG DES PRODUKT- UND TECHNIKENTWICKLUNGSPROZESSES DURCH LEITBILDORIENTIERTE INNOVATIONSSTRATEGIEN FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

1. TEIL

ZWISCHENBERICHT

VERFASSER: ALFRED W. STRIGL

PROJEKTLEITUNG: DIETMAR KANATSCHNIG UND ALFRED W. STRIGL

Wien, im Juli 2000

Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Die Hauptanliegen des gegenständliche Forschungsprojektes "Möglichkeiten zur Neugestaltung des Produkt- und Technikentwicklungsprozesses durch leitbildorientierte Innovationsstrategien für eine nachhaltige Entwicklung - Kurz: Nachhaltige Produktentwicklung" liegen in der

- Übertragung und Umsetzung des Konzeptes der Nachhaltigen Entwicklung in wichtige Wirtschaftsbereiche zur Stärkung der regionalen Wirtschaften in Österreich und damit zur langfristigen Sicherung von Arbeit und Einkommen, in der
- Stimulierung, Motivation und Erhöhung der Akzeptanz der Betriebe für eine auf Nachhaltigkeit und Zukunftsverträglichkeit ausgerichtete Technologie- und Produktentwicklung als ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit einerseits und der regionalen sowie betrieblichen Eigenständigkeit andererseits und in der
- direkten Anwendungs- und Umsetzungsorientierung des Projektes zur chancenreichen und parallelen Implementierung und Diffusion einer Nachhaltigen Entwicklung durch die synergetische Nutzung bereits bestehender und neu zu entwerfender Entwicklungsprozesse für Produkte und Technologien in Betrieben.

Nun gibt es aber die verschiedensten Strategien, die auf eine nachhaltige Technologie- und Produktentwicklung abzielen z.B. den akteurs- bzw. kooperationsorientierten Ansatz, den bedürfnis- und nutzenorientierten Ansatz oder die nachhaltige Technikentwicklung durch Leitbilder. Alle Ansätze greifen wichtige Elemente der Nachhaltigkeit (Kooperation, Kommunikation, Nutzen- und Nutzerorientierung, Bedürfnisbefriedigung, Schonung von Ressourcen, Effizienz, Suffizienz usw.) auf und komplettiert sie meist durch ein vorangestelltes Leitbild mit Aspekten einer Nachhaltigen Entwicklung.

Diese Strategien bzw. Aspekte der Nachhaltigkeit werden im vorliegenden Projekt „Nachhaltige Produktentwicklung“ untersucht und bewertet, wobei nicht nur der Frage, wie Produkte und Dienstleistungen im Sinne des Nachhaltigkeitsprinzips gestaltet und verändert werden müssen, sondern auch der Frage, wie der Entwicklungsprozess von Produkten und Dienstleistungen selbst verändert werden muss, nachgegangen wird. Somit versteht sich das Vorhaben auch als Versuch der Neudefinition und des Neuentwurfs eines „anderen“, nachhaltigen Produktentwicklungsprozesses.

Im Zwischenbericht wurde versucht, ein grundsätzliches Fundament bzw. Verständnis darüber herzustellen, welche Anforderungen, Kriterien und Leitwerte aus den verschiedensten Blickwinkeln und Dimensionen der Nachhaltigkeit (Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft) entstehen. Dazu wurden ausgehend von systemtheoretischen Überlegungen in den jeweiligen Bereichen Leitlinien für eine Nachhaltige Produktentwicklung ausgearbeitet. Anhand der formulierten allgemeinen, ökologischen, gesellschaftlich-sozialen und wirtschaftlichen Leitkriterien kann somit eine Nachhaltigkeitsbewertung vorgenommen und schließlich ein Vorschlag abgeleitet werden, wie ein idealtypischer Prozess zur Entwicklung Nachhaltiger Produkte aussehen könnte bzw. sollte.

INHALTSVERZEICHNIS

1. NACHHALTIGE ENTWICKLUNG: EIN LEITBILD FÜR DIE TECHNIK?	4
1.1. Nachhaltige Entwicklung als Leitbild für das 21. Jahrhundert	5
1.1.1 Geschichtliche Betrachtung.....	5
1.1.2 Brundtland Bericht	6
1.1.3 Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro	8
1.2. Nachhaltigkeit und seine Bedeutung für die Technologieentwicklung.....	9
1.2.1 Nachhaltigkeit und Technikentwicklung	10
1.2.2 Etablierung eines erweiterten Technikbewusstseins	10
1.2.3 Konsequenzen für eine nachhaltige Technikentwicklung	11
2 SYSTEMISCHER RAHMEN EINER NACHHALTIGEN PRODUKTENTWICKLUNG	17
2.1. Theoretische Überlegungen zur Beschreibung von Systemen	18
2.1.1 Kategorien von Systemen.....	18
2.1.2 Leitkriterien für Systeme	20
2.1.3 Prinzipien lebender Systemen: Evolution und Innovation.....	21
2.1.4 Grenzen (lebender) Systeme	21
2.1.5 Ableitung von Systemkriterien für eine Nachhaltige Produktentwicklung	22
2.2. Spannungsfeld: Natur - Gesellschaft - Technik.....	28
2.2.1 Technologie als Haupteinflussfaktor der Naturzerstörung.....	28
2.2.2 Technologie als Haupteinflussfaktor der Gesellschaftsentwicklung.....	29
2.3. Bedeutung von Leitbildern für die Entwicklung von Systemen	30
2.3.1 Leitbilder als Notwendigkeit für verantwortliches Handeln	30
2.3.2 Leitbild Nachhaltigkeit	30
2.3.3 Technikentwicklung durch Leitbilder	32
2.3.4 Vision Assessment	33
3 ÖKOLOGISCHE DIMENSION EINER NACHHALTIGEN PRODUKTENTWICKLUNG	34
3.1. Systemmodell: Biosphäre - Anthrophosphäre	34
3.2. Ökologische Leitlinien einer Nachhaltigen Produktentwicklung	35
3.3. Ableitung ökologischer Indikatoren	37
4 GESELLSCHAFTLICHE DIMENSION DER NACHHALTIGEN PRODUKTENTWICKLUNG	39
4.1. Gesellschaftliche Leitlinien einer Nachhaltigen Produktentwicklung.....	39
4.2. Sozial-kulturelle Dimension	43
4.2.1 Globale Vielfalt und Gerechtigkeit.....	43
4.2.2 Soziale Dimension im Prozess der Technologieentwicklung.....	44
4.2.3 Kulturelle und ethnische Dimension der Nachhaltigkeit	44
5 ÖKONOMISCHE DIMENSION EINER NACHHALTIGEN PRODUKTENTWICKLUNG	45
5.1. Zwischen Wettbewerb und Nachhaltigkeit	45
5.2. Ökonomische Leitprinzipien einer Nachhaltigen Produktentwicklung	47
5.2.1 Allgemeine Ableitung	47
5.2.2 Thermodynamik und seine Bedeutung für technische Nachhaltigkeit	49
5.2.3 Ökonomische Leitprinzipien und -indikatoren.....	50
5.2.4 Ausgestaltung der Nachhaltigkeitskriterien in der Praxis (Betrieb)	53
6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	55
LITERATURVERZEICHNIS.....	58

1. Nachhaltige Entwicklung: Ein Leitbild für die Technik?

Am Beginn des 21. Jahrhunderts steht die Welt vor einer Vielzahl drängender Fragen, Problemen und Herausforderungen. Die weltweite Zunahme der Umweltbelastung, das rasche Wachsen der Weltbevölkerung und nach wie vor erhebliche Unterentwicklung, Armut und millionenfache Missachtung der Menschenrechte in vielen Regionen der Erde geben Anlass zur Sorge. Gleichzeitig eröffnen die zunehmende internationale Zusammenarbeit, der wissenschaftlich-technische Fortschritt, die Liberalisierung und Globalisierung der Märkte uns in der Zukunft große Chancen. In einer globalisierten Ökonomie wächst der Wohlstand und alle Länder haben grundsätzlich die Chance, aktiv an der Weltwirtschaft teilzunehmen. Doch führt diese Situation zu einer verstärkten internationalen Konkurrenz, die meist zulasten ökologischer und sozialer Potentiale ausgetragen wird und die auch und gerade bei uns zu einem Verlust an Arbeitsplätzen, zur Erosion der Steuerbasis und zum Rückbau ökologischer und sozialer Standards führen.

Was sind in dieser Situation tragfähige Orientierungsrichtlinien für die Weltgemeinschaft aber auch für Europa und seine Mitgliedsstaaten? Welche Rolle spielt die moderne Informationsgesellschaft? Was kann zur Verbesserung des Umweltschutzes, zur wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung und zur Überwindung der Armut getan werden? Letztlich führen diese Fragestellungen direkt in die Diskussion der Möglichkeiten, Rahmenbedingungen und Ziele einer "Nachhaltigen Entwicklung". National und international wird deshalb großes Augenmerk auf die zukünftige Entwicklung unsrer Erde gelegt. Wie können wir den großen Herausforderungen unserer Zeit - Weltbevölkerungswachstum, Ernährung und Verteilung, Ressourcenschonung, Natur- und Umweltschutz oder Klimawandel durch eine langfristig umweltschonende und intergenerativ zukunftsfähige Entwicklung begegnen und sie dauerhaft entschärfen?

Die Technik und die technologische Entwicklung der letzten Jahrhunderte ist maßgeblich an der Schaffung dieser Probleme verantwortlich. Sie spielt somit auch eine Schlüsselrolle in deren Lösung. Angesichts dieser Tatsache scheint die Frage berechtigt, ob die bisherigen sektoralen und meist nur eindimensionalen Innovationsrichtungen in der Technikentwicklung alleine ausreichen, eine langfristig nachhaltige Entwicklung einzuleiten. Sind dazu nicht vielmehr umfassende Leitbilder und neue Prozessformen für technologische Entwicklungen notwendig, die sich am gesellschaftlichen Bedarf leitet lassen? Aus transdisziplinärer, philosophischer und ethischer Sicht wäre damit ein neuer umfassender Technikansatz zu etablieren, der den Erfordernissen unserer Zeit menschheits- und naturgemäß gerecht wird.

Das erste Kapitel versucht also einen Einblick in die brennendsten Fragen und Anforderungen an die heutige Menschheit zu geben. Daraus ergibt sich zwangsläufig ein neues Grundverständnis für den Entwicklungsprozess von Gesellschaft und Technik im Einklang mit der Natur und Menschenwürde.

1.1. Nachhaltige Entwicklung als Leitbild für das 21. Jahrhundert

Alle großen Bereiche unserer Welt stehen unter gehörigem Druck. Die Natur leidet an Umweltzerstörung, Verschmutzung, Artensterben und Ressourcenplünderung, die Gesellschaft an Überbevölkerung, Hunger, Armut, Kriminalität und Konflikten und die Wirtschaft ist geprägt von ungleichverteilter Weltwirtschaftsordnung, unsozialem Welthandelsregime, Globalisierung und negativen Volkswirtschaften. Sie ist zudem gefangen in ihrem starren Wachstumsprinzip, das nur monetär Quantifizierbares gelten lässt.

Diese Entwicklungen wurden von Seiten der Wissenschaft schon seit den früher 70-er Jahren erkannt und kritisiert. Als Ausweg aus der vermeintlichen Sackgasse wurde schließlich das weltweit anerkannte Konzept der "Nachhaltigen Entwicklung" oder "Sustainable Development" geboren. Dieses Konzept ist kein Zufallsprodukt, sondern kann als Ergebnis eines langjährigen Diskussionsprozesses um Umwelt und Entwicklung angesehen werden. Nachhaltige Entwicklung wird seinem Wesen nach jedoch immer ein "vorläufiges", prozesshaft Konzept bleiben und ständig in Weiterentwicklung sein.

1.1.1 Geschichtliche Betrachtung

Historisch betrachtet waren die immer zahlreicheren Umweltkatastrophen in den letzten Jahrzehnten zusammen mit den Entwicklungsproblemen der Dritten Welt der wohl entscheidendste Auslöser für die breite Wahrnehmung der gemeinsamen, globalen Dimension von Umwelt und Entwicklung. Infolgedessen wuchs der Druck auf die westlichen Regierungen und auf Hauptinitiative Skandinaviens wurde 1972 in Stockholm die erste UN-Umweltkonferenz angehalten. Die wissenschaftliche und politische Diskussion wurde zudem geprägt durch die vom *Club of Rome* in Auftrag gegebenen Studie "Die Grenzen des Wachstums", die den ökologischen Kollaps innerhalb von weniger als 100 Jahren voraussagte. In den Ländern des Südens war das vorrangige Ziel, durch nachholende Industrialisierung ihre Rückständigkeit zu überwinden und eine gleichgewichtige Position auf dem internationalen Parkett einzunehmen. Herrschende Meinung: Umweltschutz ist eine Sache des reichen Nordens, im Süden muss erst eine wirtschaftliche Entwicklung stattfinden, bevor man sich den Luxus "Umweltschutz" leisten könne.

Auf der UN-Konferenz 1972 fand eine Annäherung zwischen Nord und Süd statt, wobei erstmals Phänomene wie Dürre, Überschwemmungen, unzureichende hygienische Bedingungen und daraus folgenden Krankheiten etc. nicht nur als Entwicklungs-, sondern auch um Umweltprobleme angesehen wurden. Insofern gab es keine Widersprüche zwischen Umweltschutz und Entwicklung. So konnte man sich auf den „Action Plan for the Human Environment“ einigen. Zur Umsetzung des Aktionsplanes und zur Koordinierung der umweltrelevanten UN-Aktivitäten wurde beschlossen, ein UN-Umweltprogramm (UNEP) mit Sitz in Nairobi einzurichten.

Im Jahr 1982 fand eine „Ten Years After“ Konferenz in Nairobi statt, und dort wurde immer mehr offensichtlich, dass das in Stockholm beschlossene Umwelt-Aktionsprogramm kaum geeignet sei, die immer drängender werdenden Umweltprobleme vor dem

Hintergrund des weiterhin bestehenden Nord-Süd-Konfliktes und der schlechten wirtschaftlichen Situation in vielen Entwicklungsländern zu lösen. Eine neue Strategie musste gefunden werden, um die Notwendigkeit der wirtschaftlichen Entwicklung und des globalen Umweltschutzes zu harmonisieren. Um diese Strategie zu finden, wurde eigens dafür die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung - auch Brundtland Kommission genannt - eingerichtet.

1.1.2 Brundtland Bericht

1987 erschien der Abschlussbericht dieser Kommission unter dem Titel "Unsere gemeinsame Zukunft".¹ Die Brundtland-Kommission leistete damit den wesentlichen Anstoß zur Problematisierung der politischen Aspekte der "Nachhaltigen Entwicklung" und brachte diesen schon länger bestehenden Begriff in die weltöffentliche Debatte um Umwelt und Entwicklung. Der Bericht hat zwei zentrale Thesen:

1. Die globale Umweltkrise ist Realität und Bedrohung für die ganze Menschheit, Verhaltensänderungen sind unabdingbar, Gründe für die Umweltkrise sind u. a. Armut, wachstumsbedingter Ressourcenverbrauch durch die Wirtschafts- und Lebensweise des Nordens und die permanente Wirtschafts- und Entwicklungskrise im Süden.
2. Es ist möglich, eine Zukunft mit größerer wirtschaftlicher und sozialer Sicherheit für alle zu erreichen, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der natürlichen ökologischen Grenzen. Probleme der Armut und die der Umwelt- und Ressourcenzersetzung können, ja müssen gleichzeitig gelöst werden. Dafür muss eine neue Qualität des Wachstums verwirklicht werden. Diese neue Art des qualitätsvollen Wachstums ist erforderlich, um die Probleme von Armut und Ungleichheit zu lösen und ist der entscheidende Faktor in der Verhinderung der Umweltproblematik.

Unter "Nachhaltiger Entwicklung" wird gemäß des Brundtland-Berichtes eine Entwicklung verstanden, die die Bedürfnisse der heutigen Generationen erfüllt, ohne die Bedürfnisse der künftigen Generationen zu schmälern oder ernsthaft zu gefährden. Die Forderung, diese Entwicklung dauerhaft umweltgerecht und zukunftsfähig zu gestalten, eben "Nachhaltig", gilt für alle Länder und Menschen. Das Konzept der Nachhaltigen Entwicklung beinhaltet bzw. berücksichtigt stets die wesentlichsten Aspekte aus den Bereichen Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, welche als die drei tragenden "Säulen" angesehen werden können. Damit versucht es nie einen rein sektoral geprägten Lösungsweg zu skizzieren, sondern stets die wichtigsten Entscheidungsfelder zu integrieren.

Nachhaltige Entwicklung hat eine soziale, wirtschaftliche und ökologische Dimension. Alle drei Aspekte sind in Lösungsansätzen geeignet zu verknüpfen. Es gibt dabei aus heutiger Sicht und in der gegenwärtigen Situation keine Nachhaltige Entwicklung ohne ein intelligentes Umsteuern und eine bewusste Zurücknahme der Menschheit bei der Nutzung der natürlichen Ressourcen sowie der Verursachung von Umweltbelastungen

¹ World Commission on Environment and Development (WCED): Our Common Future. Oxford University Press, 1987.

und dauerhaften Umweltschäden. Nachhaltige Entwicklung ist eine weltweite Herausforderung und auf das engste verknüpft mit den Chancen und Risiken auf dem Weg in eine eng vernetzte, weltweite Informations- und Wissensgesellschaft.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind einige Ziele einer Nachhaltigen Entwicklung in den einzelnen "Säulen" - Bereichen schlagwortartig angeführt:

Ökologische Ziele: Erhalt der Lebensgrundlage

- Dauerhaft funktionsfähige Ökosysteme
- Erhaltung und Ausbau von Lebensräumen
- Erhalt der Artenvielfalt (Biodiversität)
- Funktionsfähiger Wasserhaushalt
- Funktionsfähiger Lufthaushalt und funktionsfähiges Klima
- Funktionsfähiger Boden
- Maßnahmen gegen die Wüstenbildung
- Erhalt der Quellen- und Senkenfunktion durch nachhaltige Ressourcennutzung
- ...

Gesellschaftlich-soziale Ziele

- Lokale Demokratie, kommunale Selbstverwaltung, Subsidiarität, d.h. politische Entscheidungen sollen auf möglichst niedriger Ebene getroffen werden
- Integration der verschiedenen Alters-, Sozial- und ethnischen Gruppen
- Verteilungsgerechtigkeit bei der Arbeit, bei Einkommen und sozialer Sicherheit sowie zwischen den Generationen
- Sorgesysteme für Kranke, Alte, sozial Ausgegrenzte
- Verteilungs- und Entwicklungsgerechtigkeit zwischen Industrie- und Dritte-Welt-Ländern
- Erhalt und Steigerung der Entwicklungsfähigkeit
- Schaffung, Erhalt und Steigerung der Lebensqualität
- ...

Wirtschaftlich-technologische Ziele

- Wirtschaftsstruktur (geschlossene Produktionskreisläufe, dauerhafte Produkte / Service und Dienstleistung, regionale Verbünde etc.)
- Raumstruktur (Dichte, funktionale Durchmischung, Polyzentrität etc.)
- Baustrukturen (Langlebigkeit, Energieautarkie, Demontierbarkeit und Recyclingfähigkeit, Schadstofffreiheit etc.)
- Verkehrsinfrastruktur (Umweltverbund-Priorität, Effizienzerhöhung z.B. durch Flächenminimierung etc.)
- Konsumstruktur (dauerhafte und umweltverträgliche Produkte, bewusste Auswahl, fairer Handel, regionale Sonderheiten etc.)

- ...

Mit dem Brundtland-Bericht avancierte der Begriff "Nachhaltige Entwicklung" oder "sustainable development" zum Schlüsselbegriff und Leitbild der 90er Jahre und die globale Umwelt- und Entwicklungsdebatte gelangt auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro bislang zu einem Höhepunkt der internationalen Bemühungen. Auf der Konferenz wurde u.a. das Aktionsprogramm Agenda 21 verabschiedet.

1.1.3 Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro

Seit der Weltkonferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio ist das deklarierte Ziel einer Nachhaltigen Entwicklung, verbunden mit der Überwindung der Armut und der Beachtung der Menschenwürde eines jeden Menschen, die wichtigste Leitlinie der internationalen Entwicklungspolitik. Nachhaltige Entwicklung heißt in der Definition der Brundtland-Kommission, dass die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt werden, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu beschränken.

Die Agenda 21 wurde 1992 als zentrales Abschlussdokument auf dieser Konferenz der Vereinten Nationen verabschiedet.² Sie kann als ein dynamisches, langfristiges Handlungsprogramm für das 21. Jahrhundert definiert werden, mit dem Ziel eine Nachhaltige Entwicklung einzuleiten. Dazu ist es erforderlich das Konzept "Nachhaltigkeit" auf die verschiedensten Bereiche anzuwenden und Ebenen zu übertragen und dadurch kumulative Effekte mit globalen Auswirkungen zu erzielen.

Die Agenda 21 ist in vier Bereiche unterteilt: Der erste Teil der Agenda 21 beschäftigt sich mit sozialen und wirtschaftlichen Fragen, der zweite Teil mit der Erhaltung und Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen, der dritte Teil mit der Stärkung der Rolle wichtiger Gruppen und der vierte Teil mit den Umsetzungsmöglichkeiten. Diese vier Hauptbereiche gliedern sich in insgesamt 40 Kapitel, in denen alle relevanten Politikbereiche und Handlungsmaßnahmen angesprochen und konkrete Handlungen gefordert werden. Neu und weltweit einzigartig an der Agenda 21 ist folgendes:

1. Die Agenda 21 kombiniert in sich mehrere Aspekte: Sie ist auf ein konkretes Leitbild, nämlich das der "Nachhaltigen Entwicklung" ausgerichtet; sie definiert die entscheidenden Politikbereiche; sie bestimmt die Träger der Veränderung und gibt Hinweise auf die Umsetzung.
2. In der Agenda wird explizit die Beteiligung der gesamten Bevölkerung an der Erstellung von Leitbildern für Teilsystem gefordert. Insbesondere Frauen, Jugendliche und Kinder, Minderheiten und Randgruppen werden dabei angesprochen, sich beteiligen zu können.

² United Nations (Hrsg.): Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. Rio Declaration on Environment and Development. Final Text of Agreements negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), 3-14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil.

3. Die Agenda 21 fordert in den verschiedensten Bereichen (z.B. in Kapitel 28 von den Kommunen) für den jeweiligen Bereich Leitbilder für eine umweltgerechte, zukunftsfähige Entwicklung mit den wichtigsten Akteuren in diesem Feld (z.B. Bürgerinnen und Bürgern) zu erstellen.
4. Neben den Aspekten (Dimensionen) des ökonomischen, ökologischen und sozialen Grundgedankens der Nachhaltigen Entwicklung fordert die Agenda 21 als weiteres Element die Entwicklungsgerechtigkeit im weltweiten und intergenerativen Zusammenhang. Sie verlangt somit stets das Mitdenken auch der räumlichen und zeitlichen Dimensionen.
5. Durch zahlreiche Verpflichtung seitens österreichischer Politiker (z.B. durch die Unterschrift des Bundespräsidenten in Rio de Janeiro unter die Agenda 21), durch den Beschluss des Nationalen Umweltplanes (NUP) im österreichischen Parlament oder die Unterzeichnung der Charta von Aalburg (u.a. Wien, Graz, Linz) besteht für die Gemeinden quasi die Verpflichtung, eigene Lokale Agenda 21 - Prozesse zu starten und dadurch eine Nachhaltige Entwicklung einzuleiten.

Der Prozess der Umsetzung der Agenda 21 auf kommunale Ebene, die Lokale Agenda 21, wie im letzten Punkt 5 angesprochen, ist gekennzeichnet durch eine dynamische Entwicklung. Es gibt kein allgemein verbindliches Modell, das von alle Kommunen genutzt werden muss, um die komplexen Nachhaltigkeitsziele der Agenda 21 umzusetzen. Letztendlich soll jede Gemeinde entsprechend ihrer Wirtschafts- und Sozialstruktur und ihrer Ausstattung mit Umweltfaktoren eine an die jeweilige Situation angepasste Organisation und Struktur des Agenda - Prozesses finden.

1.2. Nachhaltigkeit und seine Bedeutung für die Technologieentwicklung

Moderne Gesellschaften können als soziokulturelle Systeme betrachtet werden, wo Technik und der technologische Fortschritt das einende Band zu sein scheint. Gemäß dem Trend des "global village" und entgegen allen regionalen Bestrebungen, kulturellen Aktivitäten oder ethnischen Traditionen wird immer deutlicher, dass sich zu Beginn des 3. Jahrtausends etwas Neues, in dieser Form noch nie Gekanntes etabliert, die Weltzivilisation. Die Menschheit wird zu einem sich selbst erkennenden Ganzen, zu einem Organismus, der seine Größe und Dimension langsam begreift und der die Tragweite seiner Handlungen zu überblicken beginnt.

Den Schlüssel dazu hält die Menschheit mit der Technik selbst in der Hand. Die Technik und der technologische Fortschritt war (und ist) der ganze Stolz der letzten Jahrhunderte. Technik war in vielen Belangen das bestimmende Phänomen bei sozialen Veränderungen und entwickelte sich, da man die Probleme und Unzulänglichkeiten erkennt, langsam aber sicher zum "übermächtigen Seinsgeschick" (Martin Heidegger) der Menschheit. Die

Technik ist längst zu einer alle Lebensbereiche permanent umwälzenden politischen Kraft ersten Ranges geworden³.

Technische Innovationen stehen in direktem Zusammenhang mit dem immensen naturwissenschaftlichen Erkenntniszuwachs oder ermöglichen diesen erst überhaupt. Die Technik verhalf der individuellen Mobilität als Massenphänomen zum Durchbruch und erfüllte in materieller Hinsicht die kühnsten Träume. Heute aber relativiert sie gleichzeitig in ihrem Raubbau die Unendlichkeit der natürlichen Ressourcen. Wo liegt das Maß? Wer steuert die Technik? Wie können wir die "Unsteuerbarkeit" dieser so explosionsartig dahinjagenden, entfesselten wissenschaftlich-technischen Zivilisation in den Griff bekommen? Von Nachhaltigkeit scheint da noch jede Spur zu fehlen.

1.2.1 Nachhaltigkeit und Technikentwicklung

In der Unvorhersehbarkeit technischer Innovationen mag wohl ein großer Unsicherheitsfaktor liegen, wie die Menschheit die nächsten Jahrzehnte erleben wird. Beide Arten der technischen Entwicklung: die spontane Idee und das beharrliche Verbessern, haben in gleichen Maßen zumindest bisher dazu beigetragen, dass wir heute mit Stolz behaupten können, unser technischer Fortschritt hat die Welt mit ihren natürlichen Ressourcen an den Rand ihrer Tragfähigkeit gebracht!

Unverantwortlich und kurzsichtig wäre es aber, die Zukunft für die kommenden Generationen nicht lebenswert und wenigstens chancengleich gestalten zu wollen. In diese Kerbe schlägt Antoine de Saint-Exupery, wenn er meint: *"Es geht heute nicht mehr darum, die Zukunft voraussehen zu wollen, sondern sie wieder möglich zu machen"*. Und eben diese Ermöglichung der Zukunft scheint über das Konzept der Nachhaltigen Entwicklung neue Impulse zu bekommen.

In dem soeben umrissenen Kontext wäre Nachhaltigkeit auf jeden Fall zu eng definiert, würde man sich ausschließlich auf naturwissenschaftlich-technische Gesichtspunkte beschränken. Je nach Auswahl des zu bewertenden Subsystems kann eine Nachhaltige Entwicklung in bezug auf die wirtschaftliche, technologische, soziale, gesundheitliche, politische, organisatorische und kulturelle Ebene gesehen werden. Konkret geht es also um die Lösung der bereits sichtbaren und immer drängender werdenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Probleme, und zwar nicht sektorale isoliert, sondern integrativ und unter Berücksichtigung der bestehenden Zusammenhänge zwischen ihnen und über diese hinaus.

1.2.2 Etablierung eines erweiterten Technikbewusstseins

Die Vernetzung und Eingebundenheit in ein komplexes systemisches Umfeld wird auch von Seiten derer, die mit oder am technologischen Fortschritt arbeiten

³ Siehe: Beck U.: Was ist Globalisierung. Irrtümer des Globalismus - Antworten auf Globalisierung, Frankfurt a. M. 1997.

(Technikentwickler, Technologiepolitik und -forschung etc.) immer mehr erkannt. Sie sehen ihr Objekt (eben die Technik) zunehmend in einem sozialen, kulturellen und gesellschaftlichen Kontext. Technik wird nicht mehr als ein autonomes und abgegrenztes Teilsystem verstanden, sondern vielmehr als soziale Aufgabe oder gesellschaftliches Projekt. So wandelt sich derzeit die Technikforschung von einer ursprünglichen Technologiefolgenabschätzung, über eine zwischenzeitliche Technikgeneseforschung hin zu konkreten Empfehlungen für eine nachhaltige Technikentwicklung, in denen versucht wird, jene Faktoren herauszukristallisieren, die eine konstruktive Gestaltung neuer und alternativer Problemlösungen ermöglichen. Dabei übernimmt die Technikforschung zunehmend eine moderierende Funktion ein und liefert in ihrer Rolle als Ideenfinder konstruktive Vorschläge einer ethisch, normativ fundierten, sozialen und am Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung orientierten Technikentwicklung.⁴

Erweiterung des Technikbewusstseins im Wirtschaftssystem

Auch im wirtschaftlichen System bzw. auf betrieblicher Ebene findet diese komplexer werdende Verantwortung in neuen Zielsetzungen und diversen Aktivitäten ihren Niederschlag. Betrieblicher Umweltschutz wird immer weniger als Sanierung von Altlasten und eingetretenen Umweltschäden betrachtet, sondern sieht sich als aktiver Mitgestalter der betrieblichen und regionalwirtschaftlichen Entwicklung in Richtung höherer Lebensqualität und größerer Zukunftsfähigkeit. Derart verstanden heißt Nachhaltig Wirtschaften das Einführen eines umfassenden vorsorgeorientierten Managements und wird zur ständigen Herausforderung für die gesamte Unternehmenspolitik. Dabei stehen primär nicht mehr Fragen des sektoralen Schutzes der Umweltmedien (Boden, Wasser, Luft, Lärm) im Vordergrund, sondern jene großen Themenbereiche, welchen Beitrag ein Unternehmen zur umweltgerechten, Nachhaltigen Entwicklung von Gesellschaft und Region generell leistet bzw. leisten kann. Je aktiver die Wirtschaft durch die Übernahme von Verantwortung und freiwilligen Verpflichtungen diese Aufgabe wahrnehmen kann, umso entbehrlicher werden staatliche Reglementierungen. So gesehen sind die Weichen klar in Richtung Partnerschaft zwischen Wirtschaft, Staat, Verwaltung und Privaten zu stellen.

1.2.3 Konsequenzen für eine nachhaltige Technikentwicklung

Die in den vorherigen Abschnitten beschriebe integrative Sichtweise bedingt nun eine grundsätzliche Umorientierung nicht nur der gesellschaftspolitischen und ökonomischen, sondern auch der technologischen Zielsetzungen und Anforderungen. Wesentliche Inhalte bzw. Elemente dieser systemisch durchgedachten und auf die Schaffung höherer Nachhaltigkeit aufgelegte Technologieperspektive sind (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) folgende Aspekte:

- **Ganzheitlichkeit.** Sozial- und Kulturbezug, Politische und demokratische Dimension, ökonomische Betrachtung, ethische und normative Ausrichtung der Technikentwicklung etc.

⁴ Siehe: Böhm, H.-P., Gebauer, H., Irrgang B. (Hrsg.): Nachhaltigkeit als Leitbild für Technikgestaltung. Forum für interdisziplinäre Forschung Band 14, Dettelbach 1996.

- **Anwendungsbezogenheit.** Betrachtung der Technikwirkungen im jeweiligen Anwendungskontext und Gebrauchsfeld
- **Zukunftsähigkeit.** Ausrichtung auf die Zukunftsfähigkeit der technischen Lösungen und deren Beitrag zur gesellschaftlich gewünschten Entwicklungsrichtung hin zu höherer Nachhaltigkeit
- **Regionalwirtschaft.** Einbeziehung der (regional)wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und dem möglichen Beitrag von Technologien zur Weiterentwicklung des ökonomischen Systems in Richtung einer ökosozialen, nachhaltigen Marktwirtschaft
- **Nutzenorientierung.** Orientierung am individuellen, sozialen und gesellschaftlichen Produkt- und Techniknutzen
- **Tragfähigkeit.** Beachtung der ökologischen Tragfähigkeit durch technische Innovationen sowie der Minimierung des Reboundeffektes durch die Kopplung der Technikentwicklung mit Fragen der Lebensqualität und eines nachhaltigen Lebensstils (z.B. über nachhaltige Konsumtechnologien)
- **Prozesshaftigkeit und Entwicklungsfähigkeit.** Diese Aspekte sind auch im Sinne von Entscheidungsfreiheit, Dynamik, Selbstorganisation, Offenheit etc. weiter zu fassen.

Die genannten Aspekte stellen quasi eine unvollständige Liste von Grundbedingungen dar, welche in einer Technologieentwicklung berücksichtigt werden sollten, will diese in Richtung einer dauerhaft, zukunftsähigen Entwicklung gehen.

1.2.3.1 GANZHEITLICHKEIT

Die technologischen Entwicklungen sind ein das gesamte gesellschaftliche System durchgängig beeinflussender Prozess. Eindrücklich zeigt sich dies bei den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien, Mobilitätstechnologien, medizinischen Technologien u.s.w.. Bei allen Zielvorgaben, Maßnahmen und schließlich Entscheidungen ist deshalb stets auf den Bezug bzw. die Wechselwirkungen mit dem systemischen Umfeld bedacht zu nehmen (demokratische, soziale, ethische Überlegungen).

Ohne diesen Bezug, der bis hin zur Geschichte und Kultur einer Region bzw. Gruppe reicht, kann Technologiepolitik und Technikentwicklung mit nachhaltiger Entwicklung nicht sinnvoll verknüpft werden. Für das Wirtschaftssystem bzw. auf betrieblicher Ebene gehören dazu Unterstützungen und Anstrengungen im Bereich der Produktion und des Marketings von Technologiefeldern, die ein Potential zur schrittweisen Einführung nachhaltigkeitsrelevanter Technologien besitzen.⁵

⁵ siehe dazu: Technologie Delphi Austria, Band II (Ergebnisse). Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, Wien 1998. Als Innovationsfelder für eine längerfristige Themenführerschaft Österreichs wurden dabei ermittelt: Eigenschaftsdefinierte Werkstoffe; Biologische Nahrungsmittel und Rohstoffe;

1.2.3.2 ANWENDUNGSBEZOGENHEIT

Um eine nachhaltige Technologieentwicklung schärfster definieren zu können, ist eine rein technikfixierte Betrachtung kaum zielführend. Sie kann wohl notwendige, aber keinesfalls hinreichende Bedingungen dazu liefern. Die Betrachtung des zur jeweiligen Technologie bezüglichen Umfeldes bzw. des Anwendungskontextes rücken daher immer stärker in den Mittelpunkt. Daraus geht hervor, dass vor der Entwicklung und Formulierung provisorisch und exemplarisch ausgewählter Technologiefelder, nach den Leitzielen, -prinzipien, Leitwerten und -kriterien zu fragen ist, mittels derer sich die Richtung einer Technologieentwicklung darstellen lässt.

Die klare Formulierung und Positionierung solcher Leitwerte und Leitziele ist auch deshalb notwendig, da aus technologiepolitischer Sicht Förderungsmittel grundsätzlich eine nachhaltige Wirkung zeigen sollten. Es kommt aus Sicht einer Nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft nicht so sehr darauf an, unter allen Umständen in der Innovationskette als der Erfinder eines technischen Prozesses bzw. Produktes dazustehen, sondern eine sinnvolle Anwendung für diesen zu entwerfen und ihn im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung ein- und umzusetzen.

1.2.3.3 ZUKUNFTSFÄHIGKEIT

Allgemein herrscht in breiten Kreisen derer, die mit Technologieentwicklung im unmittelbaren Zusammenhang stehen (Designer, Technologiepolitik, Technikforschung etc.) Einigkeit in der Forderung, dass jene Technologien zu fördern und aufzubauen sind, die die natürliche Lebensgrundlage unseres Planeten im Zuge ihrer Anwendung möglichst wenig schädigen bzw. deren Eingriffstiefe in die Natur möglich gering ist. Das Respektieren der ökologische Tragfähigkeit durch die Anwendung solcher Techniken allein ist aber noch nicht umfassend genug bzw. per se nicht zwangsläufig zukunftsfähig. Wesentlich ganzheitlicher sind daher die Programme anzulegen, die sich mit der Entwicklung zukunftsfähiger Lösungen für gesellschaftliche Bedürfnisfelder wie Mobilität, Wohn- und Siedlungsstrukturen und Energieversorgung beschäftigen. Diese müssen sowohl technische als auch soziale, organisatorische, institutionelle und strukturelle Innovationen beinhalten.

Dass es solche Programme wirklich gibt und sie auch tatsächlich Erfolg haben, zeigen uns die Beispiele aus den Niederlanden mit dem Sustainable Technology Development - STD - Programm.⁶ Dort wird seit 1993 eindringlich veranschaulicht, wie z.B. in den Bedürfnisfeldern Wohnen, Mobilität, Ernährung, Konsum usw. eine Ausrichtung auf einen nachhaltigen Lebensstil geschaffen werden kann. Das Herzstück bildet die Entwicklung und Beschreibung einer Vision einer gewünschten Zukunft für 2050 (in einem bestimmten Bedürfnisfeld) und analysiert, wie diese in einem Zeitraum von 50 Jahren in welchen Schritten (angeleitet über das Verfahren des Backcasting) und mit welchen Technologien

Medizintechnik und Lebenshilfen für ältere Menschen; Physische Mobilität, Neue Wohnformen und umweltgerechtes Bauen; Umweltgerechte Produktion und Nachhaltigkeit; Lebenslanges Lernen.

⁶ Siehe: Weaver, P. et al.: Sustainable Technology Development, Sheffield 2000.

realisiert werden könnte. Nachhaltige Entwicklung versteht sich dort nicht als eine Negativstrategie des Verzichts und der Einschränkung, sondern als positive Leitvision. Sie soll als vorwärtsgerichtete Bewegung zu einem zukunftsorientierten Umbau von Lebensqualität beitragen.

1.2.3.4 DIENSTLEISTUNGSORIENTIERUNG

Jede Technik ist ein Spiegelbild seiner Zeit und im Lichte des jeweils herrschenden Systems bzw. wirtschaftlichen Paradigmas zu betrachten. Die Technik war und ist immer im unmittelbaren Zusammenhang mit den Bedürfnissen und Möglichkeiten einer Gesellschaft zu sehen. Sie war und ist stets eine zentrale Säule für die Verwirklichung ihrer Ansprüche und Funktionen. Die Einbeziehung der ökonomischen Rahmenbedingungen führt zu einer bewussten Analyse der Frage, warum im historischen Ablauf bestimmte Technologien gewählt wurden und nach welchen Kriterien zukünftige zu bewerten und auszuwählen wären. Die Entscheidung über Anwendung, Nichtanwendung oder gar Verbot einer Technologie (z.B. Gentechnik oder Atomenergie) wird dadurch ein wichtiges Kriterium für die Vorausbestimmung der zukünftigen gesellschaftlichen Wohlfahrtsentwicklung.

Alle Wirtschaftsleitbilder und -systeme der vergangenen zwei Jahrhunderte, d.h. seit der Zeit der Industrialisierung, beinhalten als das wesentlichste Strukturelement die zentrale Rolle von Technologien. Alle konventionellen Wirtschaftkonzepte haben eine Gemeinsamkeit: als Maßstab für die Beurteilung des wirtschaftlichen Erfolges dient vor allem das Volumen der produzierten Güter, die sowohl materiellen als auch immateriellen Charakter haben können. In Zahlen wird dies über das BIP oder BSP auszudrücken versucht. Die einzige relevante Technologieentscheidung in diesen Wirtschaftkonzepten betrifft die Produktionstechnologien, also die Wahl der Technik zur Herstellung von Produkten. Allein dadurch sichert sich Wettbewerbsvorteil, Einkommensgarantie und somit Wohlstand.

Das Konzept der Nachhaltigen Entwicklung unterscheidet sich grundlegend davon: an die Stelle der produzierten (und verkauften) Gütermenge tritt das Ausmaß des persönlichen Nutzens, tritt die individuelle Lebensqualität. Nachhaltige Entwicklung ist somit durch seine Dienstleistungsorientiertheit charakterisiert. Der Begriff "Dienstleistung" ist im Nachhaltigen Sinne weder mit dem Produktbegriff für immaterielle Güter hinlänglich beschrieben, noch mit dem der gebräuchlichen Sektorengliederung. Eine Dienstleistung stellt den realen Service, den individuellen Nutzen dar, den ein Produkt, eine Aktion, eine Technologie etc. im Anwendungsfall stiftet.

1.2.3.5 PRODUKTNUTZEN UND KONSUMTECHNOLOGIEN

Wie vorhin bei der Dienstleistungsorientierung gesagt, wird in einem auf Nachhaltigkeit ausgerichteten System die Bereitstellung von Gütern und Produkten nicht so sehr von reinen versorgungstechnischen Überlegungen geprägt sein, sondern sich auf die Funktionen bzw. Serviceleistungen ausrichten und sich damit am Nutzen für den Konsumenten orientieren. Mit dieser Umorientierung - weg vom Produkt hin zum Nutzen - ist aber auch ein Wandel des Technologieverständnisses und damit ein Perspektivenwechsel verbunden. Die bisher so dominanten und ressourcenintensiven Produktionstechnologien treten (zwangsläufig) in den Hintergrund. An deren Stelle treten

nun vermehrt Konsumtechnologien, die für die Erstellung der gewünschten Dienstleistungen verwendet werden. "Technik" wird wieder zu dem was sie im ureigensten Sinn des Wort ist, zur "Kunst des Tuns".

Ist man an diesem Punkt angelangt, so stellt sich rasch die Frage nach der Funktion der Technologie zur Steigerung bzw. zum Erhalt der Lebensqualität und nach der Art und Weise, wie individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse gedeckt werden. Eine bestimmte Dienstleistung etwa im Bedürfnisfeld "Mobilität" kann durch die freie Wahl des Verkehrsmittels erreicht werden, wodurch die aktuelle Konsum-Technologie gewählt ist, und dies noch unmittelbar nichts mit einem speziellen Produkt zu tun hat. Einzig die Bereitstellung von Technologien zur nachhaltigen Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse steht zur Frage. Damit verliert der Technologiebegriff seine Material-, Produkt- und Maschinenbezogenheit. Will man somit die Entwicklung Nachhaltiger Technologien fördern, ist demzufolge keine Produktförderung oder Maschinenförderung nötig (sie wäre im Gegenteil oft kontraproduktiv), sondern sie hat darüber hinausgehende Aspekte, etwa den der Steigerung der individuellen oder regionalen Lebensqualität, zu berücksichtigen.

Die Entwicklung hin zu Konsumtechnologien und zur Fragen der nachhaltigen Erfüllung eines zukunftsverträglichen Lebensstils zeigt eines deutlich auf: Soll das Konzept der Nachhaltigen Entwicklung eine Chance auf angemessene Verwirklichung haben, wird vor allem die Nachfrageseite zu beeinflussen sein, der Konsumwunsch und das Konsumverhalten. Neben dem Innovieren neuer Produkte wird die "Modernisierung der Lebensstile" bzw. das Bezugnehmen auf die Lebensstile als wichtige Ansatzpunkte zur Umsetzung von Nachhaltigkeit angesehen.⁷ Dies könnte auch durch eine grundlegende Umorientierung in der Förderung, Entwicklung, Etablierung und Verbreitung von Produkten und Technologie massiv stimuliert werden.

1.2.3.6 NUTZUNGSFOLGEN UND REGIONALWIRTSCHAFT

Unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit gewinnt eine weitere Gruppe von Produkten und Technologien eine besondere Bedeutung. Es sind dies Produkte, die eine besonders langen Lebensdauer, hohen Wiederverwertbarkeit, Reparierbarkeit etc. aufweisen. Dazu gehören natürlich dann die entsprechenden Technologien zu deren Reparatur, Wartung etc.. Die Dienstleistungsrelevanz in diesen Kreislauf- und Servicetechnologien liegt nicht nur in der Verwendung hochwertiger (regionaler) Materialien und Stoffe bzw. deren Wiederverwendbarkeit in anderen Produkten oder als Rohstoffe für neue Produkte und auch nicht nur bei der kaskadischen Nutzung von Energie. In solch einem System kommt der regionalwirtschaftlich Aspekt voll zu tragen. Wenn viele Produkte schon im globalen Wettbewerb produziert und verkauft werden, so werden sie doch auf der regionalen Ebene eingesetzt, gewartet, repariert und wiederverwertet.

⁷ Siehe: Glatzer, W.: Von der "Innovation der Produkte" zur "Modernisierung der Lebensstile". In: Esser, J., Fleischmann, G., Heimer, T. (Hrsg.): Soziale Schließung im Prozess der Technologieentwicklung. Leitbild, Paradigma, Standard. Frankfurt New York 1998, S. 71 - 78.

1.2.3.7 PROZESSHAFTIGKEIT UND ENTWICKLUNGSFÄHIGKEIT

Der Entwicklungsprozess von Nachhaltige Technologie muss ein offener, dynamisch fortlaufender Prozess sein, der nicht innerhalb eines bestimmten Zeithorizontes abgeschlossen ist und das Ziel der Nachhaltigkeit (so es sie in absoluten Werten überhaupt gibt) erreicht haben wird. Was jedoch ansteht, ist die Beschreibung und Präzisierung dieser Prozesse. Dabei macht es wohl wenig Sinn, nach dem einzig wahren und optimalen Prozess zu suchen. Was jedoch klar zu formulieren ist, sind Leitprinzipien und -kriterien, die den Prozess einer Nachhaltigen Produkt- und Technologieentwicklung beschreiben. Einige dieser werden noch in den kommenden Abschnitten erwähnt und angedacht und sollen dort einer weiteren Konkretisierung und ausführlicheren Beschreibung unterzogen werden.

Nochmals sei betont, dass es bei technologischen Innovationen für eine Nachhaltige Entwicklung nicht um ein bloßes Bewahren des Bestehenden, ein Konservieren und Pflegen einzig zur Nutzung durch künftige Generationen geht, oder eine Festlegung auf einen unveränderlichen und unverrückbaren Zustand. Im Sinne einer Stagnation und Verhärtung des konventionellen Systems versteht sich Nachhaltige Entwicklung sicherlich nicht. Es geht vielmehr darum, neue und nötige Gestaltungsräume zu schaffen, um die Umstrukturierung und Integration gesellschaftlicher, sozialer und politischer Ziele und Visionen in die Wirtschaft und damit auch in die Technikentwicklung erfolgreich erreichen zu können.

2 Systemischer Rahmen einer Nachhaltigen Produktentwicklung

Die unter den Begriffen Technologie oder Produkt zusammenfassbaren, dahinterliegenden Felder sind systemtheoretisch betrachtet Sub- oder Teilsysteme des Gesamtsystems der menschlichen Gesellschaft. Andere Teilsysteme neben Technologie sind z.B. Wirtschaft, Bildung, Demokratie. Das System der Gesellschaft ist seinerseits wiederum als Subsystem in einem größeren Zusammenhang zu stellen, nämlich in das System der Natur, da die Natur die (Lebens)-Grundlage der menschlichen Gesellschaft bildet. In einem noch einmal vergrößerten Maßstab ist die belebte Natur ein Teil unseres Planeten Erde, der ein Teil des Sonnensystems darstellt, das ein Teil usw.. Diese Sicht der systemischen Zusammenhänge nennt sich auch das hierarchische Systemmodell und ist in Abbildung 1 wiedergegeben.⁸

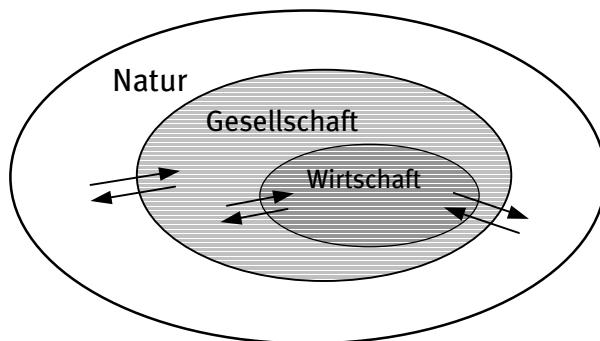


Abbildung 1: Interaktives System-Umfeld-Modell⁹

Das Anliegen einer nachhaltigen Entwicklung ist stets die ganzheitliche Verbindung und Berücksichtigung aller drei Bereiche (Systeme) Umwelt, Wirtschaft und Soziales, wenn auch systemisch betrachtet Natur, Gesellschaft und Wirtschaft nicht auf derselben hierarchischen Ebene stehen. Die Gesellschaft (und mit ihr Wirtschaft, Technologie, Kultur etc.) sind Teilsysteme der Natur. Im Wirkzusammenhang bzw. Wirkgefüge sieht die Situation damit folgendermaßen aus: es stehen Gesellschaft, Wirtschaft etc. aus menschlicher Sicht als gestaltbare, entwickelbare, veränderungsfähige Bereiche aktiv zur Verfügung.

Die Natur mit ihrer Quellen-, Senken- und Umwandlungsfunktion ist stets auf der Auswirkungsseite und muss diesbezüglich als passives Element betrachtet werden. Sie stellt quasi ein Spiegelbild der menschlichen Aktivitäten dar und wird mittel- oder unmittelbar geprägt von den menschlichen Aktivitäten. Dieses Wirkgefüge hat zur Konsequenz, dass Sinnvollerweise Aktivitäten im Ursachenbereich, in der Wirtschaft,

⁸ Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass neben der hierarchischen Systemgliederung in der Systemtheorie das Prinzip der Vernetztheit des Ganzen ohne jede hierarchische Gliederung ebenfalls diskutiert wird. Siehe Capra, F.: Lebensnetz. Ein neues Verständnis unserer Welt. Berlin, München, Wien 1996.

⁹ Siehe: Kanatschnig, D.: Vorsorgeorientiertes Umweltmanagement. Grundlagen einer nachhaltigen Entwicklung von Gesellschaft und Wirtschaft. Linzer Universitätsschriften, Monographien Bd. 14, Wien New York 1992, S. 424.

Technik etc. einen ungleich höheren gestalterischen Einfluss auf das Natursystem haben als Aktivitäten in der Natur selbst.

Aus den Wechselwirkungen und gegenseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Teilsysteme zueinander (z.B. der Wirtschaft oder der Technologien mit dem sozialen, ökologischen, kulturellen, geistigen etc. Umfeld) bzw. deren hierarchischer Verschränkung folgt, dass für eine Beurteilung einer Technologie im engeren Sinn unter dem Blickwinkel des Konzeptes der Nachhaltigen Entwicklung grundsätzlich deren Systemwirkungen entscheidend sind. Somit kann eine Technologie niemals für sich allein, sondern stets nur in seinem systemischen Umfeld bzw. aufgrund seiner systemischen Wirkungen (auf Gesellschaft und Natur) umfassend beurteilt werden.

2.1. Theoretische Überlegungen zur Beschreibung von Systemen

In den vorangegangenen Anschnitten wurde bereits auf die vielschichtigen Wechselwirkungen von Technologien mit dem sozialen, naturräumlichen, kulturellen, politischen etc. Umfeld hingewiesen. Daraus folgt nun unmittelbar, dass für die Beurteilung einer Technologie unter dem Blickpunkt des Konzeptes der Nachhaltigkeit grundsätzlich deren systemische Wirkungen entscheidend sind. Dessen eingedenk muss eine neue Technik bzw. ein neues Produkt vor allem und zuerst an seinem systemischen Beitrag eingeschätzt, entwickelt und ausgedacht werden. Für eine solche Systemoptimierung können verschiedene Kriterien abgeleitet werden, die im Gegensatz zur isolierten Produkt- und Technikoptimierung das ökonomische, soziale und ökologische Systemumfeld mitberücksichtigen. Ehe aber bereits aus den Bereichen Natur (und Evolution), Gesellschaft und Wirtschaft die wichtigsten Leitkriterien für technologische Systeme abgeleitet werden, sollen zunächst Überlegungen zur grundsätzlichen Beschreibung und Differenzierung von Systemen angestellt werden.

2.1.1 Kategorien von Systemen

Je nach Betrachtung können Systeme qualitativ sehr unterschiedlich sein. Diese qualitativ unterschiedlichen Eigenschaften dienen nun zu deren Beschreibung und Differenzierung. Wesentlich ist, dass mit zunehmender Komplexität des Systems auch immer neue "Grundbedürfnisse" in einem bestimmten Mindestmaß erfüllt sein müssen, um die Existenz dieses Systems zu gewährleisten und es (über)lebensfähig bleibt. Diese Grundbedürfnisse oder Leitkriterien ergeben sich einerseits aus den Eigenschaften der Systemumwelt, in die das System eingebettet ist (hierarchische Sichtweise) und andererseits aus speziellen Eigenschaften des Systems selbst. In der Reihenfolge zunehmender Komplexität können (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) Systeme, schon in Hinblick auf die spätere Ableitung von Leitprinzipien zur Nachhaltigen Produkt- und Technikentwicklung, wie folgt geordnet werden:¹⁰

¹⁰ Siehe Bossel, H.: Globale Wende. Wege zu einem gesellschaftlichen und ökologischen Strukturwandel. München 1998, S.55 ff.

1. **Statische Systeme** sind aus sich unveränderlich, statisch und "tot". Der einzige Leitwert der erfüllt ist, ist die bloße räumliche und/oder zeitliche Existenz des Systems (Beispiel: ein Stein, ein Tisch).
2. **Fließende Systeme** sind neben der bloßen Existenz geprägt von einem Durchfluss von Energie, Stoffen oder Information. Dies spiegelt dessen Versorgung wider (Beispiele: ein Fluss, ein Feuer, eine Geschichte).
3. **Selbsterhaltende Systeme** sind geprägt durch die Eigenschaft, sich selbst in ihrem systemischen Umfeld zu erhalten. Dies bedeutet eine deutliche Steigerung in der Komplexität, wobei solche Systeme sich an drei weiteren Leitwerten orientieren müssen: Wirksamkeit des Systems (Effizienz), Sicherheit (Fehlertoleranz und Stabilität) und Handlungsfreiheit (Flexibilität). Beispiele dafür sind einfache Organismen oder bereits einige technische Systeme wie Roboter.
4. **Selbstorganisierende Systeme** zeigen die Eigenschaft, aufgrund ihrer inhärenten Anpassungs- und Wandlungsfähigkeit ihre Systemstruktur verändern zu können. Solche Systeme können sich gemeinsam mit ihrer sich wandelnden Umwelt weiterentwickeln, das heißt zu koevolvieren. Beispiele sind Pflanzen, Tiere, Ökosysteme, Menschen, Städte, die menschliche Gesellschaft.
5. **Koexistierende Systeme** erlauben es neben der eigenen (isolierten) Existenz anderen Systemen in der selben Systemumwelt zu "leben". Dies erfordert ein anderes, "vernünftiges", oft erheblich geändertes Verhalten, da das System nicht allein in der Welt ist. Der Leitwert dafür heißt Koexistenz. Beispiele sind konkurrierende Firmen oder Leben in einer Familie.
6. **Selbstreproduzierende Systeme** besitzen die Eigenschaft der Autopoiese d.h. die Möglichkeit sich selbst oder Systeme gleicher Art zu erzeugen. Sie müssen sich an einem weiteren Leitwert orientieren und unter Bedingungen existieren die diesen erlauben: Reproduktion. Beispiele: Zellen, Organismen, Organisationen und Kultur.
7. **Empfindungsfähige Systeme** können Schmerz, Stress, Zuneigung und andere Empfindungen erfahren und sie als wichtigen Teil ihrer Lebens- und Entwicklungsprozesse verwenden. Der zusätzliche Leitwert für solche Systeme, der für deren Existenz erfüllt sein muss, sind psychologische Bedürfnisse. Beispiele: Tiere und Menschen.
8. **Bewusste Systeme.** Bewusste Wesen können über ihre Handlungen und deren Folgen reflektieren und dadurch bewusste Entscheidungen (aus einer Summe von Alternativen) treffen. Sie ist nur über eine (innere) Orientierungshilfe möglich, nämlich über Werte und Normen bzw. ein ethisches Prinzip, das ganz entscheidenden Einfluss auf Verhaltensweisen und Handlungen hat. Beispiele sind menschliche individuelle und kollektive Akteure.

2.1.2 Leitkriterien für Systeme

Natürliche, lebende Systeme "funktionieren" nach universellen "Lebens- und Funktionsprinzipien". Diese Prinzipien sind auf einer sehr generellen, beschreibenden Ebene angesiedelt und umfassen in allgemeiner Form die grundlegenden Bedingungen bzw. fundamentalen Erfordernisse die notwendig und gegeben sein müssen, damit ein System überhaupt (räumlich) und für einen längeren Zeitraum (zeitlich) existieren kann. Solche Leitwerte von Systemen sind:¹¹

- **Existenz und Versorgung.** Das System muss dem übergeordneten System (Natur) angepasst sein und in ihm (über)leben können. Die Ressourcen (Energie, Materie, Information), die das System zum (Über)leben braucht müssen vorhanden sein.
- **Wirksamkeit.** Das System muss in seinem Umfeld (der Umwelt) zurechtkommen. D.h. die notwendigen Ressourcen beschaffen können, wobei die Wirksamkeit (Effizienz) das Verhältnis Aufwand zu Erfolg beschreibt. Der Aufwand darf den Erfolg (langfristig) jedoch nicht überschreiten.
- **Handlungsfreiheit.** Das lebende System muss auf Einflüsse von außen bzw. auf die vielfältigen Anforderungen des In- und Umfeldes durch einen bestimmten Grad an Freiheit (Flexibilität) angemessen reagieren können.
- **Sicherheit.** Das System muss sich vor möglichen vorher- und unvorhersehbaren Ereignissen bzw. potentiellen gefährlichen Schwankungen der Umwelt (d.h. des übergeordneten Systems) schützen können.
- **Wandlungsfähigkeit.** Das System muss dauerhaft und stetig auf Veränderungen und Wandlungen seines Umfeldes selbst reagieren können. Dies geschieht über Prozesse des Lernens, der Anpassung, Innovation und Selbstorganisation.
- **Koexistenz.** Das System muss auf das Vorhandensein und Verhalten anderer Systeme "vernünftig" reagieren können und entwickelt sich daher z.B. in symbiotischer oder familiärer Koexistenz mit anderen Systemen.
- **Reproduktion.** Das Prinzip der Autopoiese (d.h. der Selbsterzeugungs- und /oder Fortpflanzungsfähigkeit) ist allen lebenden Systemen eigen. Sie müssen sich selbst replizieren bzw. reproduzieren können.
- **Psychische Bedürfnisse.** Besteht ein System aus bzw. befinden sich in einem System empfindungsfähige Wesen, so haben diese Wesen psychische Bedürfnisse, die befriedigt werden müssen.
- **Ethisches Leitprinzip.** Akteure (eines bzw. in einem System(s)), die über Bewusstsein verfügen, können (teilweise) die Folgen ihrer Handlungen übersehen. Damit sind sie für ihre Entscheidungen (zumindest teil)verantwortlich und brauchen hierzu eine normative Orientierung. Diese Orientierung ist durch eine ethische Positionierung gegeben.

¹¹ Siehe Bossel, H.: Globale Wende. ... S. 114.

Aus den beschriebenen Leitwerten wird schnell klar, dass sich ein ganzheitlich-systemisches Konzept wie das der Nachhaltigen Entwicklung nicht auf wenige Prinzipien wie z.B. Wirksamkeit (Effizienz), Reproduktionsfähigkeit oder bloße Existenz zurücksetzen lässt. Existenz und Reproduktionsfähigkeit erlaubt zwar ein prinzipielles Fortbestehen von Systemen und dadurch eventuell eine hohe Gesamtlebensdauer. Doch sind komplexe Systemen wie eben das Humansystem unserer Gesellschaft von weit mehr Kriterien gekennzeichnet: Wandlungsfähigkeit, Koexistenz, ethische Leitwerte etc.. Und all diese Leitkriterien gilt es für eine umfassend fundierte Antwort auf die Fragestellungen der Nachhaltigkeit im Prozess der Technikentwicklung zu berücksichtigen.

2.1.3 Prinzipien lebender Systemen: Evolution und Innovation

Nachhaltige Systeme sind Entwicklungsfähige und sich tatsächlich entwickelnde Systeme: sie sind evolvierend. Ein evolvierendes System überlebt dann, wenn die oben genannten Leitkriterien erfüllt sind. Zusätzlich kann gesagt werden, dass ein System einerseits über den Erhalt seiner Identität weiterlebt, andererseits sich aber qualitativ z.B. durch die Zunahme von Komplexität weiterentwickelt. Ein System, das durch den Wandel in der Qualität seine Identität nicht erhält, würde als ursprüngliches (originäres) System untergehen. Ein lebendes System würde also sterben. Als ein sich aktiv entwickelndes (evolvierendes) System bezeichnet man Systeme, dessen Zentrum der Veränderung innerhalb des Systems liegt. Passiv evolvierende Systeme reagieren bloß auf Wandlungen bzw. Veränderungen im systemischen Umfeld.

Ervolvierende Systeme sind gemäß den besprochenen Leitwerten sowohl reproduktiv als auch wandlungsfähig - d.h. in einem technologischen Sinne "innovativ". Innovative Systeme bilden durch aktive und/oder reaktive Prinzipien (Lernen, Anpassung, Kreativität, Spontaneität), neue Qualitäten aus. Diese neuen Qualitäten erlauben es einem System mit den gleichen Randbedingungen in qualitativ anderer, neuer Art umzugehen: innovativer weil z.B. effizienter oder suffizienter. Diese neuen Qualitäten erlauben es dem System aber auch auf neue Randbedingungen so zu reagieren, dass die Überlebensfähigkeit des Systems gewährleistet bleibt. Für technische Systeme heißt dies, dass innovative Prozesse (Qualitätsänderungen) eine ganz entscheidende Rolle in der Entwicklung und positiven Entfaltung von Gesellschaften spielen. Innovationen sind so gesehen die Ergebnisse einer funktionierenden (aktiven und reaktiven) Wandlungsfähigkeit gesellschaftlicher Systeme.

2.1.4 Grenzen (lebender) Systeme

Ein System gerät dann an seine existenziellen Grenzen, wenn es z.B. sein Systemumfeld oder seine Systeminneres derart beeinflusst, dass der eigene Bestand dadurch gefährdet wird, dass es selbst die überlebensnotwendigen Grunderfordernisse gemäß den grundlegenden Lebens- und Funktionsprinzipien nicht mehr sichern kann bzw. nicht mehr gegeben sind.

Diese existenzielle Bedrohung ist in hohem Masse auch in unserem heutigen Gesellschafts- bzw. Wirtschaftssystem zu beobachten: in den letzten Jahrhunderten der Industrialisierung und des Wirtschaftswachstums wurde zum Großteil über das Prinzip der Profitmaximierung mehr ungewollt als gewollt eine aktive Expansionentwicklung in Gang gesetzt, die heute sowohl mit den anthropozentrischen Kosystemen, der belebten Natur, den gesellschaftlichen Teilsystemen als auch mit dem Systemumfeld, der abiotischen Lebensgrundlage (Planet Erde) zum Teil in krassem Widerspruch steht.

Systemisch gedacht kann dies dazu führen, dass in einer ausschließlich ökonomisch orientierten Technologiegesellschaft durch die sich rückkoppelnden Folgewirkungen das soziale, kulturelle und psychische Gefüge derart destabilisiert oder die natürliche Lebensgrundlagen in so hohem Masse gefährdet werden können, dass rückwirkend dieses System selbst zerstört wird. Dabei macht es vordergründig keinen Unterschied, ob dieses Ereignis (das Erreichen einer Systemgrenze) gewollt oder ungewollt, bewusst oder unbewusst erfolgt. Da der Mensch jedoch als bewusstseinsfähiges und vernunftfähiges Wesen zumindest teilweise die Tragweite seiner Handlungen einsehen kann, ist das tatsächliche Erreichen der Systemgrenzen als teilweise mutwillig und in höchstem Maße gefährlich zu betrachten.

2.1.5 Ableitung von Systemkriterien für eine Nachhaltige Produktentwicklung

Gerade die eben angestellten Überlegungen bringen es mit sich, dass bei der Entwicklung neuer Technologien (und Produkte) besonderes Augenmerk auf deren Systemwirkungen zu legen sein wird. Unter den Systemwirkungen ist die breite Palette aller Auswirkungen von Produkten bzw. Technologien zu sehen, die diese im wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, politischen, kulturellen Umfeld verursachen.

Bei der Entwicklung neuer oder der innovativen Anwendung bekannter Technologien sollten demnach alle direkten und indirekten Wirkungen gesamthaft bedacht werden. Die Beurteilung einer Technologie (eines Produktes) im Sinne des Konzeptes der Nachhaltigen Entwicklung d.h. im Sinne der Betrachtung und Einbettung in ein systemisches Umfeld, kann demgemäß nicht für die "nackte" Technologie selbst gemacht werden. Es muss das jeweilige Systemkonzept, zu dessen Verwirklichung die Technik eingesetzt wird, mitbetrachtet und -beurteilt werden.

Es ist daher nicht nur theoretisch vorstellbar, sondern auch in vielen praktischen Beispielen zu belegen, dass eine (neue) Technologie für sich betrachtet die Umwelt mehr belasten kann als die bisherige, ihre gesamtheitlichen Systemwirkungen aber diese Belastungen überkompensieren. Der umgekehrte Fall ist natürlich auch möglich: eine bei weitem effizientere ("intelligentere") Technologie wird aufgrund ihrer systemischen Gesamtwirkungen wesentlich gefährlicher und das System existenziell gefährdender als die "alte" Vorgängertechnologie (z.B. Atomenergie).

Im Folgenden soll das zuvor Beschriebene verdichtet und auf die Technologieentwicklung umgedacht werden. Aus der systemisch-(ko)evolutionären Vernetzung von gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und natursystemischen Aspekten, wie sie im Prozess der Produkt-

und Technikentwicklung gegeben sind, lassen sich einige wichtige Leitprinzipien für die Entwicklung nachhaltige Produkte und Technologien ableiten:

2.1.5.1 LEITWERT "EXISTENZ UND VERSORGUNG" FÜHRT ZUM KRITERIUM DER DAUERHAFTEN VERSORGUNGSSICHERHEIT

Der erste Leitwert besagt in bestechend einfacher Form, dass, will ein (Teil)System dauerhaft überleben, es dem (übergeordneten) Gesamtsystem adäquat angepasst sein muss und dessen Grundsätze (Spielregeln) nicht dauerhaft und existentiell verletzen darf. Weiters müssen die Ressourcen (Energie, Materie, Information), die das (Teil)System zum (Über)leben braucht dauerhaft und nutzbar vorhanden sein. Zehrt das Teilsystem in parasitärer Weise die Ressourcen des Gesamtsystems auf, muss es, so es selbst weiterexistieren will, einen neuen "Wirt" aufsuchen. Steht dies wie bei der Menschheit und dessen "Wirt" (dem Planeten Erde) wohl eher nicht im Rahmen des Möglichen, so ist mittels geeigneter Techniken sicherzustellen, dass die überlebensnotwendigen Grundressourcen vom Gesamtsystem dauerhaft bereitgestellt werden können. Dies erfordert in erster Linie Techniken für einen nachhaltigen Umgang und eine immerwährende Regeneration dieser Ressourcen. Für Nachhaltige Produkte und Technologien gesprochen heißt dies, dass im räumlich-geographischen und zeitlich-intergenerativen eine Versorgungssicherheit mit den Grundressourcen Wasser, Boden, Luft, Biomasse etc. gewährleistet sein muss. Dafür haben Produkte und Technologien per se ebenso beizutragen wie deren Wirkungen durch Konsum und Gebrauch.

2.1.5.2 LEITWERT "WIRKSAMKEIT" FÜHRT ZUM KRITERIUM DER EFFIZIENZ

Das vom Leitwert der Wirksamkeit direkt ableitbare Kriterium heißt Effizienz. Ressourcen- und Ökoeffizienz zielt demnach auf einen möglichst wirksamen Umgang mit Energie, Stoffen und Information. Da unser Wirtschaftssystem bisher die Natur als kostenlose und unendliche Ressource ansah, waren viele Prozesse diesbezüglich ineffizient und sehr energie- und materialintensiv. Das Schlagwort zur Verbesserung dieser Sachlage heißt Dematerialisierung. Unser Wirtschaftssystem muss drastisch dematerialisiert werden, und zwar unabhängig davon, ob diese Effizienzsteigerung im Bereich der Produktion, des Produktes oder dessen Verwendung bzw. in vor- oder nachgelagerten Wirtschaftsbereichen erfolgt. Dies bringt zwangsläufig auch eine Verlagerung vom materialintensiven Produkt zum Service bzw. zur Dienstleistung mit sich. Verbunden damit ist dann natürlich die Frage nach der Dienstleistungsintensität neuer "Produkte" und Technologien. Als ein wichtiger Teilerfolg im Prozess der Dematerialisierung ist zunächst sicherlich die Verlängerung der Produktlebensdauer anzusehen. Wurde noch vor wenigen Jahren eine möglichst maximalen Kreislauffähigkeit diskutiert, so genießt die Verlängerung der Lebensdauer und die Verwendung nachwachsender Rohstoffe mit möglichst geringer Transportintensität aus heutiger Sicht höhere Priorität.

2.1.5.3 LEITWERT "HANDLUNGSFREIHEIT" FÜHRT ZUM KRITERIUM DER FLEXIBILITÄT UND KREATIVITÄT

Jedes lebende und zumindest über einen längeren Zeitraum existierende System muss auf äußere und innere Einflüsse bzw. auf die vielfältigen Anforderungen des In- und

Umfeldes durch einen bestimmten Grad an Freiheit (Flexibilität) angemessen reagieren können. Diese Reaktionsfähigkeit kann jedoch nicht ein starres Regelwerk darstellen, ohne jede Form der Lern- und Anpassungsfähigkeit und ohne den Spielraum von Kreativität und Ideenreichtum. Gerade diese Eigenschaften entscheiden sehr oft über den Erhalt oder den Untergang eines Systems. Auch die Geschwindigkeit der Anpassung bzw. angemessenen Reaktion ist diesbezüglich von entscheidender Bedeutung. Ändern sich äußere oder innere Systembedingungen derart schnell und gravierend entscheiden Kriterien wie Flexibilität und Spontaneität. Daneben sei festgehalten, dass je singulärer eine Systemabhängigkeit vom In- und Umfeld bei gleichzeitig vorhandenen Alternativen!, desto unangemessener, gefährlicher und also kurzsichtiger scheint die Aufrechterhaltung dieser singulären Abhängigkeit (z.B. von fossilen Energieträgern).

2.1.5.4 LEITWERT "KOEXISTENZ" FÜHRT ZU KRITERIEN DER SUFFIZIENZ, ANPASSUNGSFÄHIGKEIT UND SCHLIEßLICH ZUR AKTEURSORIENTIERUNG UND VERNETZUNG

Existieren mehrere Akteure bzw. Systeme nebeneinander und somit in direkter Konkurrenz zueinander, so ergibt sich Suffizienz, also Genügsamkeit oder Zulänglichkeit erst aus der Tatsache, mit eben diesen anderen Akteuren oder Systemen in ein- und derselben Umwelt aus Eigennutzen und zum eigenen Vorteil partnerschaftlich existieren zu wollen bzw. dadurch erst zu können. Koexistenz bedeutet für die menschlich-technologische Gesellschaft auch immer die Frage, wie weit und wie gut es ihr durch ihre Produkte und Technologie gelingt, das von Menschen geschaffene ökonomische Produktionssystem mit dem natürlich gewachsenen ökologischen Produktionssystem so zu verbinden, dass in beiden Systemen (Bio- und Anthrophosphäre) den Kriterien der Nachhaltigkeit entsprochen wird. Dies erfordert nicht nur eine ökologische Ausrichtung der Ressourcen- und Energiebasis, sondern auch strukturelle und organisatorische Anpassung an das Systemumfeld (bzw. an die belebte Natur), um ein "vernünftigeres" Zusammenleben in gegenseitiger Interaktion zu ermöglichen.

Am Beispiel des Prozesses für eine nachhaltige Produkt- und Technikentwicklung geht es deshalb auch um die Klärung, wie sich die verschiedenen Akteursebenen in synergetischer Weise ergänzen und gegenseitig positiv beeinflussen bzw. für das Erreichen einer größeren Nachhaltigkeit ausgerichtet sein können - und ganz im Sinne einer Koexistenz bzw. Koevolution, auch ihren Beitrag zur gegenseitigen Weiterentwicklung von Betrieben und ihrem ökologischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Umfeld leisten können.

2.1.5.5 LEITWERTE "WANDLUNGS- UND REPRODUKTIONSFÄHIGKEIT" FÜHREN ZU DEN KRITERIEN DER ENTWICKLUNGSFÄHIGKEIT UND ZUR LEBENSYKLUSORIENTIERUNG

Zur Wiederholung: Das Prinzip der Autopoiese (d.h. der Selbsterzeugungs- und /oder Fortpflanzungsfähigkeit) ist allen lebenden Systemen eigen. Sie müssen sich selbst replizieren bzw. reproduzieren können. Aus diesem Systemprinzip und dem damit in Verbindung stehendem Prinzip der Reproduktions- und Wandlungsfähigkeit ergibt sich, dass eine Technologie bzw. ein technisches Produkt mit seinen Wirkungen (bzw. seinem erbringendem Nutzen) über seinen gesamten Lebenszyklus bis hin zur nächsten Generation neuer Produkte zu verfolgen und bewerten ist. Methodisch gibt es dazu das

dynamische Life-Cycle-Modell. Hier spielen Ressourcenauswahl, Gestaltung und Verfahren von Prozessen, Design von Produkten sowie Wiedergewinnung bzw. Upcycling eine entscheidende Rolle. Als messbare Kriterien werden in diesem Modell zur Bewertung eines Produktes Stoff-, Energie- und Emissionsintensitäten herangezogen und über den gesamten Lebenszyklen betrachtet. Dadurch sind Produkte oder unterschiedliche zum Einsatz kommende Technologien vergleichbar.

2.1.5.6 LEITWERT "SICHERHEIT" FÜHRT ZUM KRITERIUM DER RISIKOMINIMIERUNG

Sicherheit ist ein zentraler Leitwert zur Absicherung der Existenz von Systemen. Dabei wird unter Sicherheit die Fähigkeit eines Systems verstanden, sich vor gefährlichen Schwankungen, die vorher- oder unvorhersehbar sein können, zu schützen. Dies erfordert auch eine Strategie zur Minimierung von Risiken. Auf unser technologisches Wirtschaftssystem gedacht bedeutet Sicherheit Risikominimierung. Diese umfasst einerseits die Verminderung der tatsächlichen oder potentiellen Risikofaktoren auf die menschliche Existenz (Gesundheit, Reproduktionsfähigkeit etc.), soweit dies durch das System selbst möglich ist. So kann (können) der Mensch sehr viel zur Sicherheit im eigenen Bereich unternehmen (z.B. Abschalten von Atomkraftwerken), jedoch sehr wenig (bis nichts) im Bereich des systemischen Umfeldes (z.B. gegen den Ausbruch eines Vulkans oder gegen eine Erdbeben).

Andererseits - in natursystemarer Hinsicht - ist die Aufrechterhaltung jener ökologischen Grundlagen (ökologische Leitplanken bzw. natürliche Bandbreite), innerhalb derer die menschliche Existenz auf lange Sicht möglich ist, als eine klare Sicherheitsbedingung anzusehen. Dazu gehört unter anderem die Verringerung der CO₂-Emissionen (zur Endämmung des Treibhauseffektes), der Schutz der Ökomedien (Wasser und Grundwasser) oder die Bekämpfung der Verkarstung und Wüstenbildung.

2.1.5.7 LEITWERT "PSYCHISCHE BEDÜRFNISSE" FÜHRT ZU KRITERIEN DER "BEDÜRFNIS- UND NUTZEN-ORIENTIERUNG"

Der Leitwert eines jeden empfindsamen Systems, seine psychischen Bedürfnisse wie Zuneigung, Identität erfüllen zu können, kann für den Prozess einer nachhaltigen Produkt- und Technikentwicklung mit der Orientierung auf die tatsächliche Erfüllung von Bedürfnissen der Produktanwender übertragen werden. Trotz des fortschreitenden Bewusstseins ob dieser Erkenntnis, blieb der "gemeine" Nutzer und Konsument für den Produkt- und Technikentwicklungsprozess oft ausgeklammert. Dabei entstehen wirkliche Alternativen im Technik und Produktbereich nicht durch bloße Produktverbesserungen oder Funktionsoptimierungen. Das Hinterfragen der tatsächlichen Bedürfnisse des Nutzers und das Ableiten von relevanten Strategien für regionale Systemoptimierungen stehen bei der klassischen Produktentwicklung selten im Vordergrund.

In einer intelligenteren und zukunftsverträglicheren Art muss dem eigentlichen Bedürfnis, den gemachten Erfahrungen und gewonnenen Erkenntnissen der Produktnutzer und Technikanwender ein weit größeres Augenmerk zukommen als bisher. Dieses "Wissen" der Nutzer soll verstärkt in den Prozess der Produkt- und Technikentwicklung einbezogen

werden, wodurch aus dem Konsument ein mitgestaltender und mitbestimmender "Prosument" = Pro(duzent-Kon)sument wird.¹² Diese Strategie kann sowohl auf bestehende Produkte und Dienstleistungen angewendet, wie auch zur Entwicklung gänzlich neuer Konzepte, Ansätze und Produkte herangezogen werden. Damit stellt die bedürfnis- und nutzenorientierte Produktentwicklung eine direkte Schnittstelle zur individuellen Lebensqualität dar und versteht sich in diesem Zusammenhang, als wichtiger Beitrag zu einem zukunftsorientierten Umbau von Lebensqualität.

2.1.5.8 LEITWERT "ETHISCHES LEITPRINZIP" FÜHRT ZUM KRITERIUM DER LEITBILDORIENTIERUNG UND DER VERHALTENSWIRKUNG

Im systemischen Kontext wird ein Produkt oder eine Technologie nicht an sich, sondern vor allem unter dem Gesichtspunkt der Erreichung einer festgelegten Zielsetzung, die langfristig besteht und in die gemäß dem ethischen Leitprinzip des Systems, Werte, Normen und ethische Aspekte einfließen, entwickelt bzw. beurteilt werden müssen. So kann die Entwicklung bzw. anschließende Beurteilung ein und derselben Technologie - je nach ethischem Leitprinzip bzw. "Leitbild" oder "Zielbezug" - entweder positiv, neutral oder negativ ausfallen. Die Vorgehensweise nach einem klaren, normativen und ethischen Konzept erscheint aus heutiger Sicht dringend notwendig, denn das Kriterium für die Verbreitung eines neuen Produktes scheint weniger denn je nach der soziale Wünschbarkeit zu erfolgen, sondern ausschließlich nach dem ökonomischen Erfolg.

Die Strategie einer neuen und anderen Art der Produkt- und Technikentwicklung darf sich daher auch nicht auf die Fortschreibung der Technikentwicklung im klassischen Sinne richten, also die Technikentwicklung nach dem Prinzip des Forecastings. Sie muss vielmehr die Erfüllung von Bedürfnissen und das Erreichen eines Leitbildes einer nachhaltigen Gesellschaft mit einem klaren ethischen Leitprinzip in den Mittelpunkt der Betrachtung stellen. Die Leitbildorientierung ist somit ein wesentlicher Bestandteil in einer nachhaltigen Produkt- und Technikentwicklung.

Hinterfragt man kritisch den Prozess und die Dynamik der Technikentwicklung, so fällt auf, dass durch sie zwar ein Teil der hausgemachten Probleme gelöst oder zumindest abgeschwächt werden könnten, dieser positiver Beitrag zur langfristigen Lösung unserer weltweiten Umweltprobleme aber über die Technik allein nicht zu bewältigen sein wird. Erschwerend kommt dabei noch hinzu, dass die meisten Probleme ja eben durch jene Technologien erst entstehen und in ihnen begründet sind, die wiederum zur Lösung der Misere herangezogen werden. Ein trügerischer Kreis! Hier sind im Rahmen einer überdachten "Nachhaltige Produktentwicklung" Überlegungen anzustellen, von denen eine mögliche, durch das Leitbild der „Nachhaltigen Entwicklung“ gegeben ist. Aus diesem Leitbild müssen konkrete Handlungsstrategie entwickelt, die gewünschte Zukunft quasi geplant werden. Dafür gibt es Umsetzungsstrategien und Planungsinstrumente, von denen hier nur kurz die Szenariotechnik und das Backcasting genannt werden soll.

Der Leitwert "Ethisches Leitprinzip" führt aber auch noch zu einem anders gearteten Kriterium, dem der Verhaltenswirkung. Dieses Kriterium beschreibt bzw. dient der Erfassung jener Verhaltensänderungen, die durch ein neues Produkt bzw. eine neue

¹² Siehe: Schmidt-Bleek, F.: Das MIPS-Konzept. München 1998.

Technologie bei den Akteuren (Betriebe, Arbeitnehmern, Konsumenten) ausgelöst oder unterstützt werden. In diesem Fall geht es also um die Herausforderung, durch einzelne Produkte oder spezielle Technologien einen entscheidenden Beitrag zur Initiierung einer Nachhaltigen Entwicklung bzw. auf individueller Ebene zur Annäherung oder Verwirklichung eines Nachhaltigen Lebensstils leisten können. Eine Gemeinschaft mit einer niedrigen Produktivität und einem hohen handwerklich, künstlerischen Schaffensniveau wird auf Dauer materiell reicher sein als eine moderne Gesellschaft, in der die Industriegewinne in vergänglichen, unfruchtbaren Ausgaben verzettelt werden. Ausschlaggebend ist das Verhältnis von Produktion zum Schaffen von beständigen Werten.¹³ Eine abschließende Tabelle soll in übersichtlicher Art die Ableitung von technologierelevanten Kriterien aus den ökosystemaren Überlegungen zusammenfassen (siehe Tabelle 1). Sie ist als ein erster Versuch zu werten, aus systemrelevanten Leitwerten (bzw. den dahinterliegenden Lebens- und Funktionsprinzipien) Aussagen für die Entwicklung Nachhaltiger Produkte und Technologien anzuleiten.

Tabelle 1: Ableitung von Kriterien für Nachhaltige Produkte und Technologien aus systemrelevanten Leitwerten.

Systemischer Leitwert	Kriterium Nachhaltiger Produkte / Technik
<i>Existenz und Versorgung</i>	→ Dauerhafte Versorgungssicherheit
<i>Wirksamkeit</i>	→ Effizienz, Dematerialisierung
<i>Handlungsfreiheit</i>	→ Flexibilität, Kreativität
<i>Sicherheit</i>	→ Risikominimierung, Sicherheit
<i>Wandlungsfähigkeit</i>	→ Wandlungs- und Entwicklungsfähigkeit
<i>Koexistenz</i>	→ Suffizienz, Anpassungsfähigkeit, Vernetzung
<i>Reproduktion</i>	→ Lebenszyklusorientierung
<i>Psychische Bedürfnisse</i>	→ Bedürfnis- und Nutzenorientierung
<i>Ethisches Leitprinzip</i>	→ Leitbildorientierung, Verhaltenswirkung

¹³ Siehe: Mumford, L.: *Mythos der Maschine. Kultur, Technik und Macht. Die Umfassende Darstellung der Entdeckung und Entwicklung der Technik*, Frankfurt 1977, S.807.

2.2. Spannungsfeld: Natur - Gesellschaft - Technik

2.2.1 Technologie als Haupteinflussfaktor der Naturzerstörung

Die Menschheit stößt zunehmend an die Belastbarkeitsgrenzen der Ökosysteme der Erde. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem rasch ansteigendem Flächenbedarf, dem eine nur begrenzte zur Nutzung verfügbare Fläche gegenübersteht. Hierbei konkurrieren landwirtschaftliche Nutzungsflächen und Siedlungsräume mit Wäldern und anderen Biotopen. Außerdem verhindern die heute bestehenden Nutzungsrechte und politischen Verhältnisse häufig die ökologische Bestandssicherung.

Die Flächenknappheit und die heutigen Landnutzungssysteme führen besonders in den Bevölkerungsbrennpunkten durch Übernutzung zu Schäden der Ökosysteme (Böden, Wasser, Wälder, Meere): Erosion und Desertifikation (Wüstenbildung), häufig auch Flut- und Dürrekatastrophen. Durch industrielle Produktion, Verkehr und weitere Eingriffe der Menschen in die Biosphäre kommt es zu Belastung der Luft und Schädigung der Atmosphäre sowie zu einer Verringerung der Artenvielfalt. Dabei kommt der Landwirtschaft die schwierige Aufgabe zu, die Ernährungssicherheit der Weltbevölkerung dauerhaft zu gewährleisten, ohne die Ökosysteme zu schädigen.

Als Leitprinzipien zum Schutz der Ökosphäre wird deshalb allseits gefordert:

- die Erhaltung des natürlichen Grundkapitalstocks,
- die Erhaltung der Pufferkapazität der Natur,
- die Nutzung erneuerbarer Ressourcen nicht über den Rahmen ihrer Regenerationsfähigkeit hinaus und
- die minimale und stetig abnehmende Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen.

Doch auch andere Umweltressourcen - neben der Fläche - sind begrenzt. Durch das hohe Bevölkerungswachstum und die Globalisierung beschleunigt sich nicht nur der Ressourcenverbrauch rapide: Wir nähern uns schnell den Grenzen des Systems Erde. Bisher konnte die Menschheit solche Knappheitssituationen durch technischen Fortschritt kompensieren, indem zuvor unerschlossene Ressourcen zugänglich gemacht wurden. Zusätzlich wurde die Ressourcenproduktivität ständig gesteigert. Auch heute ist der technische Fortschritt in Form einer Erhöhung der Ressourcenproduktivität unbedingt erforderlich, doch dies allein wird bei weitem nicht die Lösung herbeiführen.

Rebound Effekt contra Ressourcenproduktivität

Der technische Fortschritt stellt für sich allein keine Lösung dar, im Gegenteil. Unter den gegenwärtigen Konkurrenzbedingungen führt der technische Fortschritt z.B. die Steigerung der Ressourcenproduktivität (Ökoeffizienz) zu fallenden Preisen am Markt, wodurch eine erhöhte Nachfrage induziert wird. Diese führt über Produktionssteigerungen zu weiteren Preisreduktionen usw.. Außerdem steigert das häufig mit dem

technischen Fortschritt einhergehende Bevölkerungswachstum die Nachfrage zusätzlich. Die Technikgeschichte zeigt eindringlich, dass solche kontraproduktiven Rückkopplungsprozesse durch erhöhte Nachfrage in der Gesamtbilanz zu einem bedeutend höheren Ressourcenverbrauch führen trotz oder gerade wegen der erreichten Effizienzsteigerung. Dieser Effekt wird Rebound- oder Bumerangeffekt genannt. Um den Rebound-Effekt zu verhindern, müsste durch geeignete gesellschaftliche Rahmenbedingungen des Wirtschaftens diesen Verhaltensweisen entgegengewirkt werden. Nur gekoppelt mit solchen Rahmenbedingungen und den damit induzierten Änderungen auf individueller Ebene (Konsumverhalten, Lebensstil) wird technischer Fortschritt in Zukunft Knappheitssituationen nachhaltig lösen können.

2.2.2 Technologie als Haupteinflussfaktor der Gesellschaftsentwicklung

Heute kommen die entscheidenden Impulse der Globalisierung von der Informations- und Kommunikationstechnologie. Sie ist somit Mitverursacher für ökologische und soziale Probleme. Andererseits bietet sie große Potentiale zur Verbesserung dieser Probleme, z.B. können durch Steigerung der Ressourcenproduktivität Transportwege vermieden werden. Unter geeigneten Rahmenbedingungen können innovative Kommunikationstechnologie und andere technische Neuerungen (Miniaturisierung / Mikrosystemtechnik) deshalb entscheidend dazu beitragen, anstehende Knappheitssituationen zu entschärfen und so eine Nachhaltige Entwicklung zu erreichen.

Gleichzeitig sind bei der Realisierung der weltweiten Informationsgesellschaft sowohl die negativen (Spaltung der Weltbevölkerung in Informationsgewinner und -verlierer bzw. gut Informierten und schlecht Informierten) als auch die positiven (weltweite Grundbildung, Stärkung der kulturellen Vielfalt) sozialen und kulturellen Auswirkungen geeignet zu berücksichtigen. Der Hauptfaktor stellt dabei der immer wichtiger werdende Zugang zu modernen Technologien dar.

Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien haben ja erst dazu geführt, dass sich heute ein "Eine - Welt" - Bewusstsein, ein globales Bewusstsein der gesamten Menschheit für den Planeten Erde entwickelt hat und weiter entwickeln wird (müssen). Die Menschheit stellt quasi einen Superorganismus dar, ähnlich dem einem Insektenvolk, mit einem komplexen Informations- und Kommunikationsnetz, der in der Lage sein muss (müsste), die Lebensvorgänge - im Gesamten betrachtet - nachhaltig zu gestalten.

Ein historischer Vergleich zeigt uns diese Entwicklung deutlich auf: das aufkommende Straßen- und vor allem das Schienennetz hat im 18. Jahrhundert erst dazu geführt, dass sich aus kleinen regionalen Wirtschaftsstrukturen große Nationalökonomien bilden konnten. Die Vorreiter für den Aufbau dieser Strukturen waren vor allem die Engländer mit ihrem Eisenbahn- und Schiffwegenetz. Diese wurden tatsächlich zu den "Nerven- und Blutbahnen" des nationalen Wirtschaftsraumes. Seit dem 18. Jahrhundert gingen die Entwicklungen stetig weiter und so sind wir heute an den (räumlichen) Grenzen des möglichen Ausdehnungsbereichs angelangt - beim globalen Wirtschaftsraum Erde.

Die Bedeutung des Aufbaus der modernen Netz-Strukturen möge heute unterschiedlich eingeschätzt werden. Das Netz per se bilden für sich "nur" die Hardware bzw. ist das Werkzeug für den Transport von (gewünschten) Inhalten. Aus diesem Grund müssen solche Strukturen entscheidend für die Etablierung eines Welt-Bewusstseins und einer Nachhaltigen Entwicklung herangezogen und genutzt werden.

2.3. Bedeutung von Leitbildern für die Entwicklung von Systemen

2.3.1 Leitbilder als Notwendigkeit für verantwortliches Handeln

Wirtschafts- und Technikentwicklung und die damit in Verbindung stehende Ethik darf sich nicht beschränken auf rückwärts gerichtete Reflexion (ex post), um dann in moralisierender Art und Weise Opfer oder Verzicht zu fordern. Sie muss sich mit Situationen und Qualitäten des Jetzt und Morgen beschäftigen. Der künftige und mehr noch heutige Handlungsräum muss aber ständig neu gedacht, "visioniert" und ex ante, also vorher auf seine allgemeine Wünschbarkeit abgewogen werden. Solche ethisch verantwortbare und abgewogene Leitbilder können und sollen durch ihre bildhafte Aussagekraft, ihren prägnanten Gestaltungscharakter und erfahrungsvermittelnden Beschreibungswert in besonderer Weise normbildend, sinnstiftend, orientierungs- und entwicklungsleitend wirken (z.B. als vorausschauende Visionen für ein technologisches Konzeption).¹⁴ Damit werden, bezogen auf einen Entwicklungspfad, die Zielvorstellungen gebündelt und eine gewünschte Zukunft durch die Schaffung eines "Zielkorridors"¹⁵ potentiell möglicher gemacht.

2.3.2 Leitbild Nachhaltigkeit

Für eine Nachhaltige Technik- und Produktentwicklung gelten nun sämtliche Leitanforderungen einer umweltschonenden, sozialverträglichen und ökonomisch sinnvollen Technikgestaltung. Diese Leitanforderungen (Leitsätze) müssen in ihrer singulären Richtigkeit in komplexe Leitbilder gebracht werden und erhalten damit Konkretheit. Deshalb wirken ethisch positionierte Leitbilder sehr viel konkreter als orientierende Verhaltenskodizes als z.B. Leitsätze oder Verhaltensregeln und erweisen sich als eine der brauchbarsten Möglichkeiten in der praktischen Hilfestellung von Planungs- und Entwicklungsaufgaben. So ist z.B. das Leitbild des "Recyclinggerechten Konstruierens" ganz konkret: Um ein Auto später wieder auseinander nehmen zu können, darf ich ganz bestimmte Dinge nicht machen, andere dagegen muss ich machen.¹⁶

¹⁴ Siehe: Zill, R.: Leitbild und Modell. Anmerkungen zur inhaltlichen Überlastung eines zentralen technischen Begriffs. In: Böhm, H. P. et al. (Hrsg): Nachhaltigkeit als Leitbild für die Technikgestaltung. Forum für interdisziplinäre Forschung Band 14, Dettelbach 1996, S. 97.

¹⁵ Siehe: Mambrey, P, Tepper, A.: Metaphern und Leitbilder als Instrument - Beispiele und Methoden. Arbeitspapiere der GMD, St. Augustin 1992.

¹⁶ Siehe: Detzer, K. A.: Das Unternehmen. Schnittpunkt von Wirtschafts- und Technikethik. In: Grunwald, A., Saupe, S. (Hrsg.): Ethik in der Technikgestaltung... 1999, S. 40.

Leitbilder werden oft geprägt von Bedingungen (Themen, Wissensstand, Situationslagen), die sich aus den anstehenden Problemen der Zeit ergeben und von denen angenommen wird, dass sie die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die nächsten Jahrzehnte entscheidend prägen, inspirieren und ausfüllen werden. Die Relevanz und Ausbreitung des Leitbildes (bzw. der korrelierenden Themen, Visionen etc.) hängt sehr stark von der allgemeinen Akzeptanz und der Zahl der Akteure ab, die in einem bestimmten Feld diese Idee vertreten. In einer Gesellschaft mit konkurrierenden Ideen ist jedoch eine flächendeckende Verbreitung eines Leitbildes eher selten und keinesfalls die Regel. Leitbilder sind also "kollektive Projektionen", die als wichtige und scheinbar autonome Elemente einen Entwicklungsprozess leiten bzw. orientieren.¹⁷

In einer ähnlich lautenden Definition heißt es:¹⁸ "Leitbilder sind Kampfbegriffe innerhalb einer paradigmatischen (R)Evolution. Leitbilder funktionieren als symbolisch generalisierte Kommunikationsmedien, die Orientierung für die Technikentwicklung und Technikbewertung vermitteln helfen." Leitbilder stehen immer in einem unmittelbaren Zusammenhang zu einer durch sie ausgedrückten Zukunftsvision. Ein Leitbild kann ohne diese Vision nicht existieren, oder anders gesagt: es kann nur verändernd wirken, wenn es eine passende Zielvorstellung enthält. Das Arbeiten mit Leitbildern und das schrittweise präzisieren der Ziele und Bedingungen erfolgt oft über Metaphern. Ein Leitbild kann z.B. über die Metapher der "autofreien Stadt" ausgedrückt werden, wobei verständlicherweise nicht einfach eine heutige Stadt – nur eben ohne Autos gemeint ist.¹⁹

Akzeptierte Leitbilder haben gemeinhin eine große Anziehungskraft. Sie bilden wichtige Brücken von Intention und Wissen, ziehen die Aufmerksamkeit auf sich, verengen das Blickfeld auf Notwendiges und richten aus. "Das "Wozu" bestimmt wesentlich, ob und wie etwas gesehen wird. Wer dieses "Wozu" einmal gefühlt oder gesehen hat, der stellt keine Frage mehr und ist schon auf dem Weg."²⁰ Das Leitbild wirkt zum Denkzeug, zum kognitiven Aktivator, mit dem sich die zu bewältigenden Probleme bzw. die neuen Probleme im Prozess der Erzeugung des Wissens besser bewältigen lassen. Auf individueller Ebene wird das Leitbild zum persönlichen Mobilisator: "Das Bild residiert nicht nur in den Köpfen, es sitzt auch in den Herzen der Menschen."²¹

Im wörtlichen Sinne sind im "Leitbild" bereits zwei wesentliche Funktionen enthalten: die Leit-Funktion (Orientierung) und die Bild-Funktion (Ziel, Motivation). Darüber hinaus fungieren Leitbilder als Medien, d.h. sie koppeln, strukturieren und vermitteln zwischen unterschiedlichen gesellschaftlichen Teilsystemen (Koordinierung). Sie übertragen Steuerungs-, beeinflussen Kommunikations- und legitimieren schließlich Entscheidungsprozesse. Über die Funktionen von Leitbildern im organisatorisch-wirtschaftlichen Kontext informiert Abbildung 2.

¹⁷ Siehe: Strigl, A., Kanatschnig, D.: Systemwirkungen Nachhaltiger Technologien. Studie im Auftrag des Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, Wien 1998, S.28.

¹⁸ Siehe: Mambrey, P., Pateau, M. und Tepper A.: Technikentwicklung durch Leitbilder. Neue Steuerungs- und Bewertungsinstrumente. Frankfurt New York 1995, S.35.

¹⁹ Siehe: Mambrey, P., Pateau, M. und Tepper A.: Technikentwicklung durch Leitbilder ... 1995, S.38.

²⁰ Siehe: Dierkers, M., Hoffmann, U. und Marz, L.: Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen. Berlin 1992.

²¹ Siehe: Dierkers, M., Marz, L.: Leitbilder der Technik. Ihre Bedeutung, Funktion und Potentiale für den KIDiskurs. WZB-Papers FS II 92-107. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. Berlin 1992, S.55.

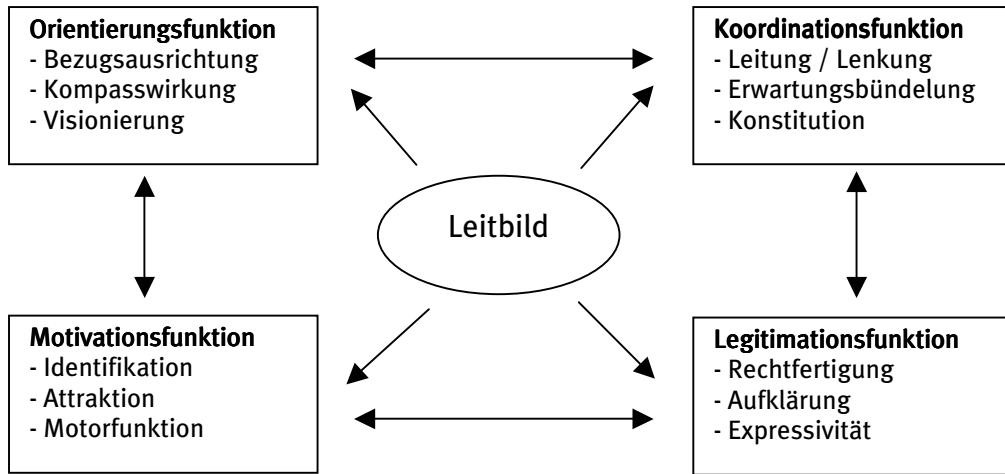


Abbildung 2: **Funktionen von Leitbildern**

2.3.3 Technikentwicklung durch Leitbilder

Welchen Einfluss haben nun Leitbilder für die Technikentwicklung und -gestaltung? Um dieser Frage nachzugehen, ist es dienlich, sich die Technikentwicklung in verschiedenen "Korridoren" bzw. innerhalb bestimmter innovationsprägender "Leitplanken" vorzustellen, die sich aus dem Zusammenwirken von vier Faktoren ergeben: ²²

- Konstruktions- und Forschungstraditionen,
- Konstruktions- und Forschungsstile,
- Organisations- und Unternehmensstrukturen
- und Leitbilder.

Leitbilder sind dabei von besonderer Bedeutung, können sie doch alle anderen drei Faktoren im Komplex der Technik- und Innovationsgestaltung leiten und beeinflussen. Darüber hinaus helfen Leitbilder ganz entscheidend über zwei große Problemkreise: das Zeit-Dilemma²³ (also die Abfolge von Wirkung, Erkenntnis und Steuerung der technischen Innovationen) und das Komplexitäts-Dilemma²⁴ (also das Zusammenwirken verschiedener technischer, sozialer, ökonomischer, ökologischer und politischer Faktoren). Ohne Leitbilder scheint keine zielgerichtete und zukunftsorientierte bzw. chancenerhaltende oder chancenerhöhende Steuerung der technischen Entwicklung, deren Verbreitung, Bewertung und Korrektur möglich. Gerade in den frühen Phasen technischer Neuerungen gibt es keine Alternative zu Leitbildern. Dabei sollte die Analyse und Diagnose über den

²² Siehe: Marz, L., Dierkes, M.: Leitbildprägung und Leitbildgestaltung. Zum Beispiel der Technikgenese-Forschung für eine prospektive Technikfolgen-Regulierung. WZB-Papers FS II, S. 92 - 105. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. Berlin 1992, S. 3 ff.

²³ Siehe: Weizsäcker, C. von: Missachtung der Zeitskalen. Abschied vom Prinzip Versuch-und-Irrtum. In: Adam, B., Geißler, K. H., Held, M. (Hrsg.): Die Nonstop-Gesellschaft und ihr Preis, Stuttgart 1998, S.179 ff.

²⁴ Siehe: Mambrey, P., Pateau, M., Tepper, A. (Hrsg.): Technikentwicklung durch Leitbilder ... 1995, S. 213.

Stand der Technik ebenso ins Auge gefasst werden, wie die *ex ante* Beurteilung und Bewertung der systemischen Wirkungen der in den Leitbildern entworfenen neuen Technologien (Produkte, Lebensstile etc.). Es muss also das Leitbildes selbst einer Leitbildabschätzung, einem sogenannten "Vision-Assessment" unterzogen werden.²⁵

2.3.4 Vision Assessment

Vision Assessment setzt sich kritisch und diskursiv mit den zu erwartenden Folgen und Wirkungen auseinander, die tatsächlich realisierte Visionen, die etwa 30 bis 50 Jahre in der Zukunft liegen, mit sich bringen. Damit lässt sich eine wesentliche Forderung der Technikfolgenabschätzung nach zeitlicher Relevanz und Proaktivität erreichen. Zudem kann durch eine fundamentiertere Abschätzung der zu erwartenden Wirkungen von der Kurzfrist-Akzeptanz, die heute einzig politikrelevant scheint, zur Langfrist -Planung übergegangen werden. Durch die Umkehrung der Sichtweise von der Problem- zur Zielorientierung, der Entwicklung eines wünschenswerten Leitbildes und der Analyse dieser Vision können und sollen gewünschte Veränderungen erreicht und die Gegenwart aktiv gestaltet und nicht passiv erleidet werden. Dadurch lässt sich eine lebenswerte und qualitätsvolle Zukunft sichern. Bis dato ist ein Instrumentarium und methodisches Repertoire zum Vision Assessment kaum bekannt, weshalb dessen Entwicklung größtenteils wissenschaftliches Neuland darstellt.

Gerade aus den drängendsten Herausforderungen unserer Zeit hat sich eine Fülle neuer visionärer Technologie- und Produktentwicklungskonzepte entwickelt (von Angepassten Technologien bis Zero Emission), die zum Zwecke der Zukunftssicherung unserer Gesellschaft entstanden sind. Das diesen Metaphern aber übergeordnete Leitbild ist das der "Nachhaltigen Entwicklung".²⁶ In diesem Konzept wird klar nach den Zukunftsoptionen unsere Gesellschaft gefragt, und ob wir durch unser Handeln mehr oder weniger Optionen für uns und die kommenden Generationen erhalten. Für die Produkt- und Technikentwicklung bedeutet dies, dass eine Technik zu entwerfen, entwickeln, erfinden oder zu adaptieren ist, die den Maximen dieses Leitbildes entspricht. Dies stellt nicht nur eine ungeheure Aufgabe für die "Technikentwickler" im klassischen Sinne dar (Ingenieure, Konstrukteure, Planer), sondern ist vor allem eine spannende Aufgabe für die grundsätzliche Neuorganisation des Technikentwicklungsprozesses in einer auf einen nachhaltigen Umgang mit den Ressourcen ausgerichteten Gesellschaft.²⁷

²⁵ Siehe: Grin, J., Grunwald, A. (Hrsg.): Vision Assessment: Shaping Technology in 21st Century Society. Towards a Repertoire for technology Assessment. Wissenschaftsethik und Technikfolgenbewertung Band 4, Berlin 2000.

²⁶ Siehe: Ax, C.: Das Handwerk der Zukunft. Leitbilder für nachhaltiges Wirtschaften. Basel 1997, S. 47.

²⁷ Siehe: Strigl, A., Kanatschnig, D.: Systemwirkungen Nachhaltiger Technologien ... 1998, S. 30.

3 Ökologische Dimension einer Nachhaltigen Produktentwicklung

3.1. Systemmodell: Biosphäre - Anthroposphäre

Oberflächlich betrachtet scheint die Natur bzw. das System "Erde" den (einzigsten) übergeordneten Rahmen für unsere menschliche Gesellschaft und mit ihr Wirtschaft und Technik vorzugeben. Dieses weithin verbreitete, oft irreführende und anthropozentrische Denkmodell lässt sich am besten in untenstehender Abbildung 3 darstellen.

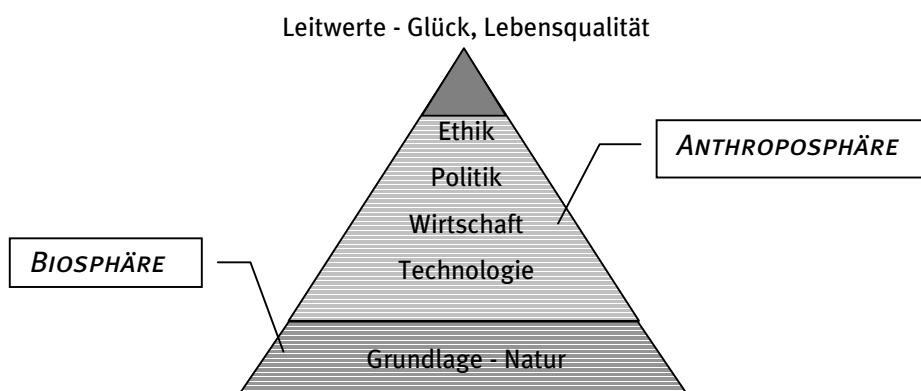


Abbildung 3: Weitverbreitetes (altes!) Systemmodell, das die Natur als Grundlage der menschlichen Existenz und zur Erreichung übergeordneter Ziele versteht.

Zur Erreichung der obersten Lebensziele (Wohlbefinden, Glück, Zufriedenheit etc.) werden Natur bzw. Biosphäre (als Grundlage) und in übergeordneter Form Technologie, Wirtschaft, Gesellschaft (Politik) und eine (individuelle) Ethik als Anthroposphäre verstanden. Dieses Systemmodell sollte allein schon wegen der durch menschliche Aktivitäten verursachten Umweltschäden und der damit erkannten Endlichkeit der Naturressourcen als die Zusammenhänge nicht hinreichend beschreibend betrachtet werden. Dieses Denkmodell wird (im überwiegenden Masse) auch in Wirtschaftskreisen nicht mehr geteilt.

Eine bessere Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Natur und Gesellschaft ergibt sich, wenn Bio- und Anthroposphäre als zwei getrennte Systeme betrachtet werden, die teilweise interagieren und zudem in ein größeres Systemumfeld (der unbelebten Umwelt mit seinen Ressourcen wie Energie, Stoffe etc.) eingebettet sind. Dies wird in Abbildung 4 darzustellen versucht.²⁸

Unter dem Aspekt der Aufrechterhaltung und dauerhaften Sicherstellung der Funktionen sowohl der Bio- als auch der Anthroposphäre und der damit einhergehenden Koevolution beider Systeme folgt, dass das menschliche Handeln (und somit seine Leitwerte) aufgrund der Interaktionsfähigkeit beider Teilsysteme mit dem Leitprinzipien und -werten der Biosphäre konkurriert. Da jedoch die Leitwerte des Gesamtsystems und des Ökosystems "Natur" für menschliche Maßstäbe als eher unverrückbar und

²⁸ Siehe: Bossel, H.: Globale Wende ... 1999, S.125.

unveränderlich zu betrachten sind, ergibt sich die klar Forderung der Adaption und Wandlung der anthropozentrischen Leitwerte. Zur erfolgreichen und zukunftsfähigen Koexistenz ist damit die Ethik der Partnerschaft und Fairness vor die der (unreflektierten) Konkurrenz und des Eigennutzes zu stellen.

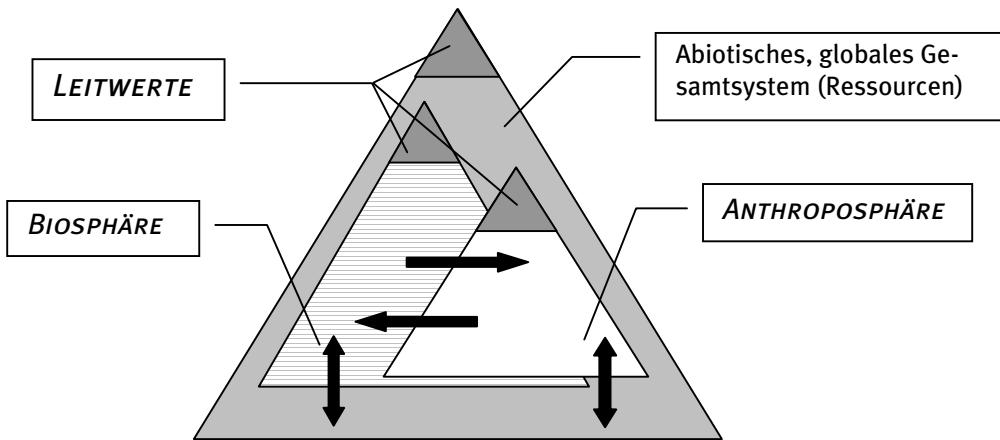


Abbildung 4: Systemmodell der interagierenden Bio- und Anthroposphäre als unabhängige, aber koexistierende und koevolverende Teilsysteme eines (globalen) Gesamtsystems.

3.2. Ökologische Leitlinien einer Nachhaltigen Produktentwicklung

Aus dem Gesagten und aufgrund der rückgekoppelten Interaktionsfähigkeit der Bio- mit der Anthroposphäre geht hervor, dass eine Grundforderung einer Nachhaltigen Entwicklung der Schutz und die Aufrechterhaltung der wesentlichen lebenserhaltenden Ökosystemfaktoren wie Luft, Wasser, Boden und genetische Vielfalt durch menschliches Handeln nicht gefährdet werden darf. In weiterer Konkretisierung und zur Schaffung einer operationalisierbaren Basis für die Entwicklung Nachhaltiger Produkte und Technologien ergeben sich dadurch Forderungen, die in den folgenden Leitlinien formuliert werden:

- **Regenerationsfähigkeit.** Die anthropogenen Aktivitäten (z.B. die Entnahme nachwachsender Rohstoffe) dürfen die Biosphäre maximal nur in jenem Ausmaß "stören" bzw. belasten, als es der Natur durch ihre natürliche Regenerationsfähigkeit möglich ist, sich in mindestens derselben Qualität wieder nachzubilden. Das bedeutet zum Beispiel, dass die vom Menschen induzierten Stoffströme die globalen Pufferspeicher in den Stoffkreisläufen der Biosphäre in ihrer Größe nicht gravierend (d.h. nur innerhalb der ökologischen Regenlationsbreite) ändern dürfen. Diese Forderung ist in der Gesellschaft zu Beginn des 21. Jahrhunderts noch keineswegs erfüllt.
- **Assimilationsfähigkeit.** Gifte, Emissionen und Schadstoffe dürfen maximal nur in jenem Ausmaß in das Gesamtsystem abgegeben werden, wie es der Umbau- bzw. Tragfähigkeit des jeweiligen Ökosystems entspricht, wobei dies in einem

möglichst engen regionalen Kontext zu sehen ist. So gesehen sollten anthropogene Stoff- und Energieströme die lokale Assimilationsfähigkeit der Biosphäre nicht übersteigen und ebenfalls innerhalb der Schwankungsbreite der globalen, abiotischen und geogenen Ströme des Gesamtsystems liegen. Auch dies ist heute keineswegs der Fall.

- **Vielfalt.** Sofern nicht regenerative Ressourcen durch menschliche Handlungen verbraucht werden (wie dies heute überwiegend noch der Fall ist), dürfen diese nur in jenem Maße verwendet bzw. aufgebraucht werden, wie dafür nachhaltig verwendbare Alternativen (z.B. über nachwachsende Rohstoffe) geschaffen werden. Dabei ist nicht nur auf die Vielfalt der Alternativen und lokal spezifischen Lösungsmöglichkeiten großen Wert zu legen, sondern auch auf den Erhalt oder die natürliche Verbesserung des Landschaftsbildes, der lokalen Spezies und Rasse wie auch der regionalen humanen Lebensraumqualität insgesamt.
- **Suffizienz und Effizienz.** Eine allgemeine (logische) Forderung die sich aus dem Wissen um die Endlichkeit der Natur- und Gesamtressourcen und damit der begrenzten Verfügbarkeit von Rohstoffen ergibt ist, den Fluss aller Stoffe über die Verarbeitung, den Einsatz und Verbrauch so zu steuern, dass eine optimale Wiederverwendung oder Wiederverwertung erleichtert und gefördert wird. Dabei soll Abfall vermieden und der Abbau des Vorrats an natürlichen Ressourcen (d.h. der Abbau des "Naturkapitals") verhindert werden. Auch in punkto Energie soll deren Erzeugung, Transport und (kaskadischer) Gebrauch rationalisiert und effizienter gestaltet werden.
- **Naturrhythmen und Eigenzeiten.** Die Kette in den Beziehungen zwischen Anthro- po- und Biosphäre sind zum überwiegenden Teil hochkomplex. Deshalb erscheint es nur sinnvoll, relativ früh das Ursache- und Wirkungsgefüge zu beobachten, vor allem deshalb, weil häufig lange Verzögerungen (sowohl räumlich wie zeitlich) zwischen Aktion und Reaktion zu erwarten sind. Die hohe Komplexität des Natur- systems lässt es daher nahezu unmöglich erscheinen, alle möglichen Wirkungen einer einzelnen Ursache vorherzusagen. Bei allen menschlichen Handlungen sind deshalb Rhythmen, Eigenzeiten, Wirkungs- und Kausalketten zu hinterfragen bzw. einzuhalten.
- **Änderung des Umweltverhaltens.** Für die Etablierung einer nachhaltigen Gesellschaft wird es notwendig sein, einen tiefgreifenden Strukturwandel einzuleiten und jene Kräfte zu stärken, die dafür am geeignetsten erscheinen. Dies ist zum einen die Ebene der Politik mit ihrer Leitgeber Rolle und ihren top-down Methoden. Andererseits sollen auf individueller Ebene die Verbrauchs- und Verhaltensmuster der Gesellschaft zum Wohle größerer Nachhaltigkeit verändert werden. Dazu können zusätzlich zu den traditionell üblichen Zielsetzungen (ethisches Leitprinzip der Gesellschaft) Kriterien und Werte zur besseren Beurteilung der Beziehung Human- system - Ökosystem einbezogen werden (Wie geht es meiner Mitwelt?). Diese Kriterien, die zum Teil Indikatorencharakter besitzen, sollen das komplexe Beziehungsgefüge zwischen Mensch und Natur möglichst emotional nachvollziehbar abbilden und einfach angesiedelt sein.

3.3. Ableitung ökologischer Indikatoren

Die im vorhergehenden Abschnitt eher allgemein gehaltenen Forderungen bezüglich des Einflusses menschlicher Handlungen durch Produkte und Technologien auf das globale Ökosystem, können in einem weiteren Konkretisierungsschritt in Bezug auf das Klima (Luft), den Wasserhaushalt und den Boden noch einmal präzisiert werden:

- **Klimastabilisierung.** Die anthropogenen Einflüsse auf das globale und regionale Klima sollen in höchstem Masse reduziert werden. Dies bedeutet zumindest eine Stabilisierung der Konzentration der Treibhausgase (CO₂, Methan etc.) in der Atmosphäre. Produkte, Prozesse und Technologien sollen deshalb auf ihre Klimarelevanz untersucht und bewertet werden.
- **Wasserhaushalt.** Der Wasserkreislauf der Erde und hier vor allem der des Süßwassers ist aufgrund seiner Lebensnotwendigkeit zu erhalten und zu schützen. Darunter fallen der Schutz des Grundwassers z.B. durch ein Verbot der Nettoextraktion von "fossilem" Grundwasser in Trockengebieten, die Stabilisierung des pH-Wertes von Niederschlag, der Erhalt der Reinigungswirksamkeit des Boden, kein weiterer Verlust an Feuchtgebieten u.v.m.
- **Bodenerhalt.** Die Wüstenbildung (Desertifikation) als Endstadium und die vorgelegerte Bodenerosion ist größtmöglich hintan zu halten. Dazu ist es notwendig, dass die Bodenbildungsprozesse und -fruchtbarkeit über nachhaltige Nutzungsformen (Techniken) dauerhaft erhalten bleiben.

Um der ökologischen Dimension einer nachhaltigen Produkt- und Technikentwicklung gerecht zu werden, kommt man neben den hären Prinzipien sicherlich nicht ohne einer Art der Bewertung bzw. Einschätzung (der Verbesserungen bzw. Verschlechterungen) aus. Die Erfüllung der angeführten Leitprinzipien wird am ehesten durch Indikatoren bzw. durch ein ganzes Bündel von verschiedenen Indikatoren zu erfassen sein. Diese ökologischen Indikatoren können "Tragfähigkeitsindikatoren" genannt, und als Maß für die Erfüllung der umweltbezogenen Prinzipien angesehen werden. Die im folgenden angeführten Indikatoren sind immer noch für die großen Zusammenhänge zwischen Mensch und Natursystem zu sehen und zur groben Orientierung geeignet, um schließlich für spezielle Fälle (Produkte, Prozesse, Technologien) und deren Anwendungen Indikatoren oder Maßzahlen zu entwickeln, die neben der ökologischen Dimension auch den organisatorischen, wirtschaftlichen, sozialen und ethischen Dimensionen der Technik bzw. deren Anwendungen Rechnung tragen.

- **Stoffflussindikatoren.** Effizienz des gesellschaftlichen Gesamtstoffwechsels; Entnahmeraten (Extraktionsraten) einzelner Stoffe, Materialien bzw. Elemente aus der (abiotischen) Lithosphäre im Vergleich zu den natürlichen Ablagerungs- und Umwichtungsprozessen; Akkumulationsraten von Stoffen oder Elementen in der Anthroposphäre; Stoffdurchsatzraten durch die Anthroposphäre (z.B. eine Stadt);

- **Energieindikatoren.** Anteil an nicht erneuerbaren Energien im Angebot; Anteil an fossilen und nuklearen Energieträgern relativ am gesamten Primärenergieangebot; Effizienz der Energiegewinnung bzw. Energienutzung;
- **Emissionsindikatoren - Gase.** Anthropogene Emissionen in das Gesamtsystem (gesamthaft betrachtet); Assimilierungsgrad der (lokalen) Ökosphäre; Rezyklierungsgrad von Gütern in den Stoffkreislauf; Langzeitwirkungen menschlich verursachter Emissionen z.B. durch deren Klimarelevanz (Gase aus Mülldeponien, Verbrennungsprozessen etc.);
- **Emissionsindikatoren - Flüssigkeiten und Feststoffe.** Emissionen anthropogen erzeugter Substanzen, die in der Natur als solche nicht vorkommen (z.B. dauerhafte Chemikalien) sowie deren vorhersehbaren Langzeitwirkungen; Emissionsgrad von industriell erzeugte Substanzen, die auch als natürliche vorkommen (jedoch nicht in diesen Konzentrationen);
- **Risikoindikatoren (Gesundheit).** Künstlich erzeugte, dauerhafte oder räumlich/zeitlich nichtdauerhafte Substanzen mit negativen Gesundheitswirkungen (mutagene Substanzen, Ozon, Radioaktivität etc.), Stoffe mit negativen Langzeit- und Folgewirkungen auf natürliche Prozesse in der Biosphäre (z.B. über deren Abbau);
- **Naturraum-Indikatoren.** Landwirtschaftlich Prozesse und Bewirtschaftungstechniken (biologischer Landbau); Anteil an nachhaltiger Forstwirtschaft; Naturnähe der Bewirtschaftungsformen der Natur (z.B. Jagd, Fischerei, Erntevorgänge, Grundwasserextraktion, Aufforstung, Abholzung, Genmanipulation, Tierzucht, Pflanzenzucht); Veränderungen in der Landnutzung (Bebauungsformen);
- **Indikatoren zu den Ökomedien.** Biodiversität (Artenvielfalt einer Region); Bodenindikatoren (wie Erosion, Fruchtbarkeit, Verdichtung, Nährstoffbilanz); Wasserindikatoren (Nutzungsformen, Grundwasserzustand, Süßwassermanagement); Luftindikatoren (Schadstoffe, Emissionen); andere Indikatoren wie Lärm, Landschaftsbild etc.;
- **Sozialindikatoren.** Intergenerative und zwischengeschlechtliche Gerechtigkeit (Vermögensverteilung, Frauenquote etc.); Erfüllung menschlicher Grundbedürfnisse; Einhaltung der Menschrechte u. v. m.

4 Gesellschaftliche Dimension der Nachhaltigen Produktentwicklung

Wenn wir den Zusammenhang bzw. das Zusammenspiel von Mensch und Natur verlassen und uns auf rein anthropozentrische Fragestellungen einlassen, so müssen wir uns - systemisch gedacht - die derzeit herrschenden Leitwerte der Anthroposphäre (in Bezug auf die gesellschaftliche Ordnung, den Werten, der Kultur) vergegenwärtigen. Tun wir dies, kommt man zum Teil auf ähnliche, erstaunlicherweise aber ebenso auf ganz andere Prinzipien und Kriterien, die den heutigen Technologieentwicklungsprozess prägen und leiten. Die heutige Diskussion über gesellschaftsbezogene Prinzipien bei der Technikentwicklung beherrschen Themen wie:

- Demokratisierung, Subsidiarität und Autonomie
- Moderne Regierbarkeit
- Kulturelle Vielfalt
- Kriminalität und Soziale Konflikte
- Bürgermitbestimmung und Konsensfindung
- Sozialverträglichkeit und Akzeptanz durch die Bevölkerung
- Sicherheit und Umweltverträglichkeit
- Arbeitsplatzsicherheit
- Wirtschaftlichkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft
- Lebensstil und Lebensqualität

Dabei bewegt sich die normative Diskussion bei der Entwicklung von neuen Technologien aus sozialer Sicht im Spannungsfeld zwischen politisch-demokratischer und nicht-autoritärer Stabilität (Freiheit der Forschung, Selbstbestimmungsrecht des Einzelnen) und dem bestmöglichen Schutz gegen die Gefahren technologischer Innovationen (Gen-technik, Nukleartechnik, Chemikalien etc.) durch eine politisch-administratives System (Technikkontrolle). Dieses Spannungsfeld wird ergänzt vom allgegenwärtigen Wirtschaftsdiktat der Gewinnmaximierung über Wettbewerbsvorteile und Innovationskraft. Der Staat als "Hüter" der demokratischen Werte sieht sich somit in einem Dilemma: wie viel Freiheit der Forschung, Entwicklung und Anwendung von Technologien ist erforderlich und wie viel Kontrolle dazu notwendig?

4.1. *Gesellschaftliche Leitlinien einer Nachhaltigen Produktentwicklung*

Die eben skizzierten Spannungspole lösen sich erst unter dem gemeinsamen, von allen Akteuren akzeptierten Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung. Das Feld für gesellschaftlich-soziale (Leit)Prinzipien und (Leit)Kriterien für eine Nachhaltige Produkt- und Technikentwicklung kann deshalb - wie in den folgenden Punkten ausgeführt - beschrieben und aufgespannt werden.

- **Demokratie und Selbstbestimmung.** Eine auf Nachhaltigkeit orientierte Produkt- und Technikentwicklung muss auf demokratischen Grundfesten stehen. Dabei ist gelebte Demokratie möglichst basis- und bürgerlich zu verstehen und kann aus diesem Grund nur in relativ kleinen Räumen (einer Gemeinde, einer Talregion) überschaut, kontrolliert und gestaltet werden. Technikentwicklung ist nicht Teil eines großen, aus überregionaler Perspektive unsteuerbaren und fremdgelenkten Prozesses, der von großen privaten oder staatlichen Organisationen aus der Ferne gelenkt wird zu verstehen, sondern bindet sich ein in Strukturen der lokalen und regionale Selbst- und individuelle Mitbestimmung.
- **Dezentralität.** Für die Entwicklung Nachhaltiger Produkte und Technologie muss die Möglichkeit der dezentralen Gestaltung bestehen. Lokale Besonderheiten, regionales Wissen, subsidiäre Strukturen und (teil)autonome Systeme sollen eine möglichst große Vielfalt und einen hohen Grad der Freiheit in die Technikgestaltung erlauben.
- **Abbau von Zentralität und Machtkonzentration.** Aus den zuvor Gesagten ergibt sich, dass eine Nachhaltige Technologieentwicklung der Schaffung von geballten Konzentrationen ökonomischer und zentral-politischer Macht entgegenwirkt. Die neuen Medien wie z.B. das Internet zeigen das Potential zur Rückdrängung staatlich oder wirtschaftlich gelenkter Macht eindringlich auf. Ebenso bringen sie aber das Thema der Kriminalität, der Grau- und Schattenbereiche einer Gesellschaft in die Diskussion.
- **Abbau von Fremdbestimmung und Fernbelastungen.** Da eine Nachhaltige Produkt- und Technikentwicklung darauf abzielt, sich an den regionalen Möglichkeiten und dem tatsächlichen lokalen Bedarf zu orientieren, stiftet die daraus entstehenden Optionen den Nutzen vor allem im regionalen Kontext. Der Nutzen und die Kosten der Entwicklung aber natürlich auch das Risiko der Technologie treffen damit denselben Personenkreis, sodass nicht wie heute üblich einseitig Begünstigte (z.B. der reiche Norden) ihre Vorteile aus den Nachteilen anderer (dem ärmeren Süden) beziehen.
- **Partizipative Verbreitung und Kriminalität.** Die Entwicklung einer Technologie zusammen mit den Betroffenen, kann als erster wichtiger Schritt in deren Verbreitung angesehen werden. Oftmals stoßen neue (gefährliche, nicht nachhaltige) Techniken auf großes Misstrauen oder großen Widerstand in der Bevölkerung und eine Durchsetzung kann nur mit Druck von oben (Repressalien, Zwangsmaßnahmen, strafrechtlichen Androhungen) verordnet werden. Dabei sollten nachhaltige Technologien so einfach und ungefährlich wie möglich gestaltet sein, auf dass es weitgehend den autonom agierenden Bürgern und dem (freien) Markt überlassen werden kann, ob sie diese neuen Produkte (Techniken und Dienstleistungen) annehmen wollen oder nicht. Eine weitreichende, hoheitliche Regelung von Produkten und Technologien durch den Staat und damit verbunden eine komplexe bürokratische Kontrolle deutet ja immer auch auf Gefahrenpotentiale oder auf Schwierigkeiten durch kriminellen Missbrauch hin. Solche Technologien und Produkte sind aus demokratie-politischer Sicht eher als nicht nachhaltig zu bezeichnen.

- **Regional- und nationalwirtschaftliche Sicherheit.** Eine nachhaltige Technik soll als Werkzeug zur Unterstützung und Erhaltung einer hohen Lebensqualität angesehen werden. Technik wird jedoch immer mehr zum Selbstzweck - sowohl individuell als aus regional. Nachhaltige Technologien sollten möglichst derart beschaffen sein, dass unvorhersehbare (wirtschaftliche oder politische) Zusammenbrüchen, die durch den Niedergang einer Technologie ausgelöst werden können, nur von lokaler Bedeutung bleiben und nicht das ganze nationale bzw. nationalökonomische System gefährden. Dies heißt, dass sich Staaten (und Regionen) niemals auf ein Technologiesegment allein stützen sollten. Das techno-ökonomische System sollten demnach so angelegt sein, dass äußere Störungen z.B. längere Versorgungsunterbrechungen oder Zusammenbrüche der administrativen oder politischen Kontrolle keine große Gefährdung darstellen.
- **Kreativität und Honorieren von Ehrenarbeit.** Das Schaffen der Voraussetzungen und das tatsächliche Einbringen von Phantasie und Kreativität und damit die Nutzung des menschlichen Ideenreichtums in den Prozess der Entwicklung Nachhaltiger Produkte und Technologien soll in höchstem Maße gefördert und öffentlich unterstützt werden. Das Einbringen von Zeit, Energie und Gedanken soll als sinnvolle und sinnstiftende Tätigkeit erfahren und diesbezüglich gesellschaftlich honoriert werden. Dazu sind vor allem von politischer Seite Voraussetzungen zu schaffen.
- **Akzeptanz und Vertrauen.** Alle bisher genannten Kriterien (Leitlinien) sind von großem gesellschaftspolitischen Interesse und eng mit den jeweiligen soziale, kulturellen und organisatorischen Anwendungsbedingungen und dem diesbezüglichen Anwendungskontext verbunden. Besonderes hervorzuheben ist aber die Bedeutung der persönlichen wie gesellschaftlichen Akzeptanz und des individuellen Vertrauens der Menschen in die Technik und das durch diese unterstützte System. Dieses Vertrauen spiegelt sich klar in der Durchsetzungsfähigkeit von Technologien wider, und so ist das Schaffen einer Vertrauensbasis durch die Erfüllung und Einhaltung obig abgeleiteter gesellschaftlicher Kriterien ein wichtiger Schritt in Richtung Nachhaltigkeit.
- **Individueller Lebensstil und Lebensqualität.** Lebensstilfragen haben immer größere Bedeutung im Konsum-, Gebrauchs- und Nutzerverhalten der Menschen. Dies bedeutet für den konkreten Fall der Produkt- und Technikgestaltung, dass für spezielle Lebensstile, spezielle Lebensbereiche und -abschnitte und für unterschiedliche Lebensqualitätsanforderungen Zukunftsbilder, Szenarien und Lösungsmöglichkeiten in Hinblick auf ihrer Nachhaltigkeit erörtert und bewertet werden müssen. Was dann folgen müsste, wäre ein klare Attraktivierung und "Bewerbung" langfristig zukunftsfähiger Lebensstile. Sehr wichtiger dabei ist die Vorzeige- und Beispielwirkung von gewünschten Lebensbildern, die auch aus einer klaren Problematisierung und Erhellung der Tragweite der Wirkungen konventioneller Produkte und Technologien (Rebound-Effekt, Ressourcenüberlastung) und den damit notwendigen Anforderungen an Nachhaltige Technologie hervorgeht. So kann Produkt- und Technikentwicklung zu einem wichtigen Beitrag einer Nachhaltigen Entwicklung werden: der Region und Struktur angepasst, aufgeschlossen, nachvollziehbar und offen für alle

Betroffenen, von ihnen akzeptiert, mitgetragen, mitbestimmt und mitgestaltet. Fundierte Überlegungen bezüglich der Anforderungen an Produkten und Technologien bzw. deren Indikationen und Auswirkungen auf einen nachhaltigen Lebensstil, werden somit zu ganz entscheidenden und mitbestimmenden Faktoren.

Bedeutung des Lebensstils in der Nachhaltigen Produktentwicklung

Ein nachhaltiger Lebensstil verändert nicht nur den individuellen Spielraum der persönlichen Gestaltungsfreiheit, also rein intellektuelle Werte, er verändert auch das Verhalten und die Handlungsweisen der Person. Ob im alltäglichen Arbeitsumfeld, in der Freizeit oder im Wohnen, eine gelebte Nachhaltigkeit bringt Veränderungen und fordert sie auch. Dies trifft nicht zuletzt auf geänderte Anforderungen an den Einsatz und die Entwicklung von Technologien, in Hinblick auf einen nachhaltigen Lebensstil. Gerade wenn einem die gravierenden Auswirkungen der Technik auf die heutigen gesellschaftlichen Strukturen bewusst werden, müssen Überlegungen angestellt werden, wie Produkte und Technologien - auf individueller Ebene sinnvoller, naturnaher und zukunftsverträglicher eingesetzt und weiterentwickelt werden kann.

Aus der Tatsache, dass komplexe Sachverhalte, bringt man sie auf eine persönlich überschaubare Ebene, wesentlich einfacher und schneller begriffen werden, muss sich die Betrachtung der Technikwirkungen und den daraus abzuleitenden gestalterischen Elementen für die Produkt- und Technikentwicklung auf die ganz persönlichen Daseinsgrundfunktionen bzw. auf den individuellen Lebensstil beziehen. Diese Lebensbereiche, wie sie in unserem Kulturkreis vorherrschen, und die Basis eines Nachhaltigen Lebensstils bilden, könnten wie folgt angerissen werden:²⁹

- *Menschengerechtes* Wohnen
- *Gesundheitsfördernde* Ernährung
- *Verantwortungsbewusster* Konsum
- *Persönlichkeitfördernde* Freizeit
- *Lebensbegleitende* Bildung
- *Befriedigende* Arbeit
- *Sanfte* Mobilität

Die Umsetzung eines nachhaltigen Lebensstils wird nur im ganz persönlichen Bereich, in den eigenen Entscheidungen, den individuellen Handlungsweisen und in einem bewusst gestalteten Leben mit Qualitäten und Wohlbefinden erfolgen können. Dabei ist den Verhaltenwirkung von Produkten und Technologien, die zu einer Nachhaltigen Entwicklung beitragen, ganz besondere Bedeutung beizumessen.

²⁹ Oberösterreichische Umweltakademie (Hrsg.): Aufleben in Oberösterreich. Leitbilder für einen nachhaltigen Lebensstil, Linz 1996.

4.2. Sozial-kulturelle Dimension

4.2.1 Globale Vielfalt und Gerechtigkeit

Da die soziale Dimension eine grundlegende Säule im Konzept der Nachhaltigen Entwicklung darstellt, und entscheidende Leitfunktionen für die daraus resultierenden Technikentwicklungsprozesse vorgibt, ist an dieser Stelle ein kleiner Exkurs in das Spannungsfeld zwischen sozial gerechter und global realer Entwicklung angebracht.

Aus heutiger Sicht existieren bereits gravierende Spannungen, Ungleichgewichte und Disparitäten zwischen Industrie- und Entwicklungsländern sowie zunehmende Disparitäten innerhalb dieser Länder selbst. Die durch die Globalisierung verstärkte Konkurrenz verschärft diese noch weiter und führt z.B. allein durch das Sozialdumping zu einer Abwärtsspirale, die mit den gegenwärtigen politischen und wirtschaftlichen Instrumentarien kaum bis gar nicht mehr beherrschbar ist. Diese Entwicklung kann auch durch internationale Konventionen im sozialen und ökologischen Bereich nicht unterbunden werden. Diesen fehlen allesamt die nationalen und regionalen Umsetzungsstrategien und sind solange sie nicht mit adäquaten Sanktionsmechanismen verbunden sind auch "zahnlos".

Zu einer Nachhaltigen Entwicklung gehört soziale Gerechtigkeit. Unter dem Begriff der sozialen Gerechtigkeit ist ein global geltendes Prinzip des sozialen Ausgleichs zu verstehen, in dem das Wohlstandsgefälle zwischen Nord-Süd adäquat minimiert wird. Hierbei sind die grundsätzlich gleichen Ansprüche aller Menschen einerseits und die derzeitig herrschende Wohlstandsverteilung andererseits zu berücksichtigen. Im Rahmen einer zukunftsfähigen sozialer Gerechtigkeit spielen deshalb unter vielem anderen die soziale Verpflichtung des Eigentums (z.B. des Landbesitzes) oder die tatsächliche Einhaltung der Menschen- und Bürgerrechte eine wesentliche Rolle.

Die Verantwortung der Industrienationen in der aktuellen weltpolitischen Konstellation ergibt sich aus ethischen und moralischen Gründen, insbesondere aus der historisch (kolonialistisch) erwachsenen Verpflichtung und der momentan bestehenden ökonomischen Abhängigkeit vieler Entwicklungs- und Schwellenländer von den Industrieländern. Den Industrienationen kommt auch im Hinblick auf die Erhaltung des Weltfriedens eine besondere Verantwortung zu. Schwere soziale Konflikte und ökologische Krisen können dabei gerade auch die Industrieländer erheblich gefährden. Entsprechende friedens- und zukunftssichernde Anstrengungen sind insofern im ureigensten Interesse der Industrieländer (Handeln aus einsichtsvollem Egoismus).

Maßnahmen und Möglichkeiten der Durchsetzung wie die Befriedigung grundlegender Bedürfnisse nach Nahrung, Kleidung und Wohnung, die Bereitstellung lebenswichtiger öffentlicher Dienstleistungen (Bildung, medizinische Versorgung) und die Schaffung von Mindeststandards im Arbeitsbereich sollen nicht als Einzelmaßnahmen verfolgt werden, sondern in integrierten Lösungsansätzen zum Abbau sozialer Ungleichheiten dienen.

4.2.2 Soziale Dimension im Prozess der Technologieentwicklung

Aus technologischer Sicht könn(t)en dabei neue Technologien einerseits (z.B. die Informations- und Kommunikationstechnologien) oder andererseits der intelligente Einsatz bereits bestehender Technologien unter Beachtung möglicher negativer Auswirkungen auf das Sozialverhalten bzw. das Ökosystem, eine große Hilfe darstellen. Neben unmittelbaren Hilfsmaßnahmen im Bereich der Ernährung, des Wohnens etc. muss bzw. kann über Informationstechnologien weltweit das Bewusstsein für die Notwendigkeit einer Nachhaltigen Entwicklung geweckt werden.

Die Durchsetzung von ökologisch-technologischen Maßnahmen im Rahmen einer Nachhaltigen Entwicklung (z.B. Zertifikatsysteme) muss in Bezug auf deren soziale Dimension auf zwei (sozialen) Voraussetzungen beruhen: Zum einen ist der Erhalt der Lebensqualität in den Industrieländern zu sichern, um den Rückhalt in der jeweiligen Bevölkerung für die strukturellen Veränderungen eine Nachhaltige Entwicklung nicht zu verlieren. Zum anderen muss den Entwicklungsländern die Perspektive substantieller wirtschaftlicher und sozialer Verbesserungen bewahrt und ausgebaut werden. Mittelfristig ist der Erhalt der Lebensqualität z.B. durch eine Senkung des Lebensstandards in den Industrieländern sicherlich nicht auszuschließen. Die Suche nach bestmöglichen technischen, institutionellen und politischen Lösungen zur Sicherung einer Nachhaltige Entwicklung sollte daher kontinuierlich fortgesetzt werden.

4.2.3 Kulturelle und ethnische Dimension der Nachhaltigkeit

Die kulturelle Dimension im Konzept der Nachhaltigen Entwicklung ist eindeutig: die kulturelle Vielfalt der Welt, d.h. die unterschiedlichen Sprachen, Religionen, Wertvorstellungen, Sitten und Gebräuchen sind wertvoll und erfordern deshalb Bemühungen um ihren bestmöglichen Erhalt.

Wichtig ist hierbei insbesondere der Schutz kultureller Minderheiten. Zu betonen ist die Gleichrangigkeit unterschiedlicher kultureller Standpunkte sowie das Bemühen um ein harmonisches Miteinander zwischen den Kulturen. Insbesondere ist zu vermeiden, dass Staaten allein aufgrund ihrer wirtschaftlichen oder politischen Dominanz ihre Wertvorstellungen anderen Staaten oktroyieren. Jede Kultur sollte bemüht sein, ihr Kulturgut zu vermitteln sowie von anderen Kulturen zu lernen.

5 Ökonomische Dimension einer Nachhaltigen Produktentwicklung

Wirtschaft, Umweltschutz und gesellschaftliche Bedürfnisse standen oftmals in krassem Gegensatz zueinander. Heute, an der Schwelle in ein neues Jahrtausend, sind die Folgen dieser Auseinandersetzung allerorts sichtbar: Umwelt- und Gesundheitsschäden, ausbeutete, überwirtschaftete Regionen, vom Verfall bedrohte lokale Strukturen. Grund genug, ein neues Verständnis zu entwickeln, das auf Dauer eine intakte und lebenswerte Grundlage für den Mensch und die Natur sicherstellt. Dazu ist es notwendig wirtschaftliche, soziale und umweltschützerische Interessen auf eine gemeinsame, nachhaltige, zukunftsfähige und menschengerechte Basis zu stellen.

5.1. Zwischen Wettbewerb und Nachhaltigkeit

Nachhaltige Entwicklung in seiner umfassenden Konzeption als übergeordnetes Leitbild für alle Bereiche versucht die Einbeziehung und den Ausgleich zwischen den drei großen Bereichen Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Die Dynamik dieser Erneuerung setzt auf Änderungen in sozialer und geistiger Ebene, doch dieser Wandel muss auch im wirtschaftlichen System bis auf die betriebliche und technologische Ebene durchgreifen, will in der Tat eine Änderung hin zu einer zukunftsverträglichen dauerhaften Lebensführung erreicht werden. Nachhaltige Entwicklung hat deshalb sehr viel mit der Organisation wirtschaftlicher Prozesse und technologischer Entwicklungen zu tun.

Im wirtschaftlichen Bereich werden jene Strategien mit Erfolg gekrönt sein, die eine optimale Abstimmung zwischen sozialer Ausgewogenheit, Wertschöpfung und Naturverbrauch aufweisen. Die nachhaltige Entwicklung von Betrieben kann nur als ein offener und dynamischer Prozess verstanden werden, für dessen positives gelingen, wichtige Grundvoraussetzungen gelten müssen. Das zugrundeliegende Konzept ergibt sich einerseits aus der plausiblen Forderung nach einer zukunftsverträglichen, umweltbewussten Entwicklung unserer Gesellschaft unter der ausgewogenen Verbindung der Bereiche Wirtschaft, Umwelt und Soziales und andererseits aus den mittlerweile immer deutlicheren Signalen wie Umweltzerstörung, Ungleichverteilung, Krisen und Unfrieden.

Im Aktionsprogramm der Vereinten Nationen, der Agenda 21, heißt es diesbezüglich: „Flexible Pläne und Programme sollen übergreifend raumwirksame wirtschafts-, sozial- und umweltpolitische Entwicklungsprozesse im Sinne einer nachhaltigen Gesamtentwicklung ressourcenschonend steuern“ (Agenda 21, Kap.8).

Zukunftsfähige Entwicklung ist – auch auf betrieblicher Ebene - ein offener Such- und Lernprozess, der alle gesellschaftlichen Aktionskreise mit einbezieht und der auf der ethischen Forderung basiert, die Bedürfnisse der heutigen Generation zu befriedigen, ohne die Freiheit und Gestaltungsmöglichkeit zukünftiger Generationen zu schmälern oder zu gefährden. Dafür sind technische und soziale Innovationen gefragt, die uns in offener und dynamischer Weise einer umweltgerechten und zukunftsfähigen Gesellschaft näher bringen sollen.

Defizit in Strategien zur Umsetzung

Unser gegenwärtiges Problem liegt nicht im Wissen, der Erforschung und Analyse der Missverhältnisse und Missstände unserer Welt - diese sind in vielen Forschungsarbeiten eindringlich dokumentiert und aufgezählt. Auch gibt es bereits gute, richtungsweisende Konzepte und ernstgemeinte Lösungsvorschläge, doch die großen Defizite liegen in deren Umsetzung und Implementierung. Die Übertragung des theoretischen Wissens auf das praktische Handeln wird zum Gebot der Stunde und zum Schlüssel für eine zukunftsentscheidende Weichenstellung. Das bedeutet konkret eine:

- Übertragung und Verbreitung des Konzeptes (Leitbildes) der Nachhaltigen Entwicklung in wichtige Wirtschaftsbereiche zur Stärkung der regionalen Wirtschaften und damit zur langfristigen Sicherung von Arbeit, Einkommen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten sowie eine
- Stimulierung und Motivation der Betriebe für eine auf Nachhaltigkeit und Zukunftsverträglichkeit ausgerichtete Wirtschafts-, Technologie- und Produktentwicklung als ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit einerseits und der regionalen Eigenständigkeit andererseits.

Die Kernaufgabe der nächsten Jahre besteht in der Erprobung und Umsetzung verschiedenen – neuer oder bereits bestehenden - prozessorientierten Strategien in Hinblick auf ihre Stärke zur Initiierung und Etablierung einer nachhaltigen Entwicklung von Betrieben. Dazu hält uns die Agenda 21 der Rio - Konferenz von 1992 direkt an, indem sie meint: „*Wissenschaft, Forschung und Technik sind aufgerufen, Strategien für eine nachhaltige Entwicklung vorzuschlagen und bei ihrer Umsetzung zu helfen*“ (Agenda 21, Kap.31).³⁰ Wesentlich festzuhalten ist, dass das Heil oft nicht nur im Entwurf neuer Strategien zu suchen ist. Es sollten sicherlich auch bereits anerkannte und laufende Prozesse in Betrieben genutzt, besser vernetzt und für die Ziele einer Nachhaltigen Entwicklung kombiniert werden.

Dabei geht es auch um die innovative Kombination unterschiedlicher inner- und außerbetriebliche Prozesse, die heute schon parallel, aber meist voneinander unabhängig in den verschiedenen Betrieben und Wirtschaftssparten ein und derselben Regionen laufen. Diese Prozesse wie z.B. die Umstellung des Unternehmens auf eine „lernende Organisation“, müssen sich natürlich nicht primär und zwangsläufig am Konzept der Nachhaltigkeit orientieren. Die Kombination und Vernetzung dieser Prozesse in Summe sollten aber eine regionale Stärkung bewirken und für eine positive, nachhaltige Veränderung genutzt werden.

Darüber hinaus wird es notwenig sein, die konkreten und bereits etablierte Prozessstrategien einer Betriebs- bzw. Produkt- und Technikentwicklung auf ihre Zukunftsverträglichkeit hin und damit auf ihren Einfluss auf eine Nachhaltige Entwicklung der Gesamtwirtschaft zu vergleichen. Dadurch könnten für Betriebe motivierende Wege

³⁰ United Nations: Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. Rio Declaration on Environment and Development. Final Text of Agreements negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), 3-14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil.

aufgezeigt werden, wie diese und mit welchem Erfolg sie sich an einem globalen Prozessen einklinken, beteiligen und mitarbeiten können. Dabei sind klare Vorteile und Verbesserungen herauszuarbeiten, die sich für den Betrieb (Wettbewerbsfähigkeit, Gewinnsteigerung) und die Region (Sicherheit, Stabilität) ergeben. Hinsichtlich der Ebene in welchen (regional)wirtschaftliche Veränderungen und Innovationen stattfinden können, lassen sich grob Prozesse unterscheiden, die betriebsintern und die betriebsextern stattfinden. Eine grobe Einteilung, in die hier nicht näher vertieft werden soll, könnte wie folgt aussehen:

- Schaffung lernender Strukturen / Leitbildentwicklung
- Integrierte und prozessorientierte Technologie- und Produktentwicklung
- Produktentwicklung als Selbstorganisationsprozess
- Regionale Vernetzung von Betrieben
- Innovative Zusammenarbeitsmodelle „Public Private Partnership“
- Einbinden der Betriebe in den Prozess der Lokalen Agenda 21

Im Anschluss werden nun, wie schon im Abschnitt über die ökologische Dimension nachhaltiger Produkte und Technologien, die wesentlichsten wirtschaftlichen Leitprinzipien abgeleitet und näher beschrieben.

5.2. Ökonomische Leitprinzipien einer Nachhaltigen Produktentwicklung

5.2.1 Allgemeine Ableitung

Die zur Zeit herrschenden Marktpreise weisen zwei ganz entscheidende Schwachstellen auf: Zum eine missachten sie in eklatanter Weise die externen Effekte (und damit die verursachenden Folgekosten), die durch die Nutzung der scheinbar unendlichen und kostenlosen natürlichen Ressourcen ausgehen und lassen damit die langfristige Wirkung der globalen wirtschaftlichen Aktivität vollkommen unberücksichtigt. Zum andern leiden die Preise unter einer zum Teil erheblichen Unvollständigkeit des Informationsaustausches über die sozialen Verhältnisse unter denen ökonomische Aktivitäten stattfinden und somit neben den ökologischen auch die humane Dimension oft nicht mitberücksichtigt. Aus diesen Gründen ist die Beurteilung von Produkten und Technologien unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit nach rein monetären Maßstäben (d.h. das Heranziehen konventioneller Kostenkriterien, wie z.B. die aktuellen Marktpreise) nur mit großen Einschränkungen anwendbar.

Zur Beurteilung der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit eines Produktes bzw. einer Technologie sind somit vor allem Kriterien heranzuziehen, die nichtmonetär sind und sowohl die ökologischen wie sozialen Aspekte mitberücksichtigen. Dazu folgende Überlegungen, die sich an die Hauptaspekte (Leitprinzipien) anlehnern, die aus den letzten Abschnitten hervorgehen (also die Fragen nach der Effizienz, Suffizienz, Dematerialisierung etc.):

Reduktion der Stoff- und Energieströme. Zur Klärung und Bewertung der Nachhaltigkeit eines Produktes wird der direkte und indirekte Beitrag zu messen sein, den das Produkt / die Technologie zur deutlichen und dauerhaften Reduktion der Stoff- und Energieströme leistet. Dazu kommen natürlich auch jene Leistungen, die einen positiven Beitrag zum Aufbau eines nationalen bzw. lokalen Stoffstrommanagements basierend auf einem nachhaltigen Umgang mit den regionalen und transregionalen Material- und Energieströmen unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte zum Ziel haben. Die direkten (Einsparungs)Wirkungen, die bei der Produktion von Gütern oder der Bereitstellung von Dienstleistungen möglich sind, sollen zum einen aus einer weiterführenden und kontinuierlichen Verringerung der Stoff- und Energieintensität zum anderen aber über neue, intelligente und nachhaltige Innovationen erzielt werden, also z.B. über die Kombination bestehender Technologien oder den Fortschritt in der Anwendung von Zukunftstechnologien wie Nanotechnologie, Bionik etc.. Diese klaren Forderungen nach Erhöhung der Wirksamkeit (Effizienz) bei gleichzeitiger Reflexion der Zulänglichkeit (Suffizienz) erfordert damit ein grundlegendes Umdenken in den Hauptzielsetzungen bei der Entwicklung neuer Technologien. Einige bereits mehrfach genannte Ziele sollten diesbezüglich auch mitberücksichtigt werden: die Stoff- und Energieeffizienz bewertet nach dem tatsächlich gestifteten Nutzen bzw. bezogen auf die gesamten systemischen Wirkungen von Produkten, Dienstleistungen und Technologien. Daraus ergeben sich für nachhaltige Technologien folgende Grundforderungen:

- **Effizienzsteigerung pro Nutzeinheit (Dematerialisierung).** Es soll das größtmögliche Potential zur sinnvollen Reduzierung bzw. Verminderung der Stoff- und Energieintensität pro Service- bzw. Funktionseinheit (Nutzeinheit) angestrebt werden. Unter dieser Prämisse lässt sich also ein Nachhaltiges Produkt bzw. eine Nachhaltige Technologie definieren als eine(s), das/die mit minimalem Energie- und Stoffein- und -durchsatz eine gesellschaftlich gewünschte (Dienst)Leistung (Service) erbringt und dadurch den/die größtmöglichen individuellen Nutzen bzw. gesellschaftlich gewünschte Wirkung erzielt. Diese Strategie wird generell als Dematerialisierung bezeichnet.
- **Suffizienz der Versorgung.** Die stoffliche und energetische Grundversorgung des Gesellschaftssystems soll möglichst zulänglich und in abgesichertem aber genügendem Ausmaß erfolgen (Vermeidung hoher Stoff- und Energieverluste durch Leerlauf, Standzeiten, Transport, Lagerung etc.). Die Grundregel der Suffizienz ist ein Leitprinzip aller natürlicher Prozesse.
- **Einsatz erneuerbarer und regionaler Ressourcen.** Aus mehrfachen Gründen sollte der Umstieg von nicht-regenerativen auf erneuerbare Ressourcen so rasch wie möglich erfolgen: Eindringtiefe in das Ökosystem, Klimaproblematik (Treibhauseffekt fossiler Brennstoffe), regionalwirtschaftliche Sicherheit (Fremdabhängigkeit von nicht-regionalen Ressourcen), Autonomie und Selbstbestimmungsmöglichkeit.

- **Optimale Verteilung (Mischungsverhältnis) von Technologien.** Jede Art der Konzentration bzw. Abhängigkeit von einer einzigen Technologie (z.B. Öl/Gas als einzige Energiequelle) kann als nicht nachhaltig betrachtet werden. Ein ausgewogenes Maß an Alternativen und damit an Absicherungen ist für eine Nachhaltige Entwicklung unbedingt erforderlich.

5.2.2 Thermodynamik und seine Bedeutung für technische Nachhaltigkeit

Materie/Energie-Erhalt (1. Hauptsatz der Thermodynamik). Aus den eben abgeleiteten allgemeinen Grundsätzen kann man nun speziellere Technikkriterien zur Bewertung (Sicherung) der Nachhaltigkeit festlegen, die ebenfalls auf nichtmonetärer Basis aufbauen. Dabei können Überlegungen aus dem naturwissenschaftlich-physikalischem Fachbereich von Interesse sein, die sich aus den beiden Hauptsätzen der Thermodynamik herleiten und für die angestrebten Zwecke interpretieren lassen. Der erste Hauptsatz besagt (in einfachen Worten), dass Materie/Energie stets erhalten bleiben (bzw. deren Bausteine) und damit (diese Bausteine) unzerstörbar sind. Aus dieser formalen Überlegung würde die Produktion von Gütern bedeuten, die Anordnung dieser Bausteine derart zu gestalten, dass sie größtmöglichen Nutzen stiften. Der Konsum bedeutet das Aufbrauchen bzw. schlussendliche Zerstören dieses Nutzens nämlich dadurch, dass dieselben Bausteine infolge ihrer Nutzung dermaßen oder -lange in Unordnung gebracht werden, bis sie die Fähigkeit verloren haben, den gewünschten Nutzen zu stiften. Der Zyklus beginnt von neuem, wenn ein (weiterer) Produktionskreislauf die Bausteine wieder so ordnet, dass erneut der gewollte Nutzen entsteht. Dieser Hauptsatz würde somit die Vision eines unendlichen Kreislaufs von Materie/Energie erlauben, denn diese Bewegung erscheint auf den ersten Blick reversibel und qualitätslos. Tatsächlich hat diese Auffassung viel mit dem noch immer herrschenden mechanistischen Wirtschaftsverständnis zu tun. Wenn da nicht der 2. Hauptsatz der Thermodynamik wäre!

Entropie-Steigerung (2. Hauptsatz der Thermodynamik). Das zweite Gesetz besagt (wieder in einfachen Worten), dass jede Veränderung der Materie/Energie stets zu einer Erhöhung der Entropie (des Gesamtentropiegehaltes) des Systems führt. Entropie ist eine qualitative Größe und kann unter anderem als Maß für die Unordnung eines Systems beschrieben werden. Die Erhöhung der Entropie durch eine Veränderung in Materie/Energie ist irreversibel und qualitativ. Im - auf die Wirtschaft - übertragenen Sinn misst die Entropie den qualitativen Unterschied zwischen nutzbaren Ressourcen und unnützem Abfall. Die Existenz des Entropiegesetzes besagt weiters, dass das was aus der Natur entnommen wird (Materie/Energie) durch die Prozesse der Produktion und Konsumtion unweigerlich und in seiner Qualität irreversibel verändert wird. Diese Materie/Energie (bzw. deren Bausteine) unterscheiden sich also beim Rücklauf in die Natur qualitativ von dem Zustand, da sie aus der Natur entnommen wurden.³¹ Beim Rücklauf bzw. während der Konsumtion des Nutzens eines Produktes erhöht sich nämlich die Entropie und so wird jene Qualität der (Materie/Energie), die den Nutzen stiftet aufgezehrt und ist nicht wieder herstellbar! Der Nutzen oder der Lebensgenuss den die

³¹ An die dadurch veränderte Umwelt muss sich das Human- bzw. Wirtschaftssystem neu anpassen und beschreibt damit einen koevolutionären Prozess.

Erhöhung der Entropie bzw. die Verringerung der Materie/Energie-Qualität bewirkt, ist also der einzige Wert, der produziert wird. Und weder dieser Wert (der Lebensgenuss) noch die dadurch entstandenen Bausteine (qualitativ niederwertigere Materie/Energie) können im Kreislauf geführt werden!

Für die technologische Entwicklung heißt dies relativ klar, dass für die Zukunft jene Technologien von höherem Interesse sein werden, die aus einem vorgegeben Entropiefluss mehr Wohlfahrt (Lebensqualität und -genuss) herausholen können als eine andere. Denn die "schlechtere" Technologie müsste dafür den Durchsatz (Energie/Materie) erhöhen und damit erhöht sich unweigerlich die Entropie. Da unser heutiges industrielles Wirtschaftssystem aber vorwiegend auf solche "schlechteren" Technologien aufgebaut ist, wird es ab einem bestimmten Punkt an die Grenzen des Entropieflusses stoßen. Die Erhöhung der Entropie bewirkt nun aber auf die Umwelt übertragen die zunehmende Erschöpfung der Ressourcen, Naturzerstörung und -verschmutzung. Diese Konsequenzen werden (im Sinne der Koevolution) ja tatsächlich zunehmend weniger als unerwartete denn als berechnete Folgen betrachtet. Solche "schlechteren" Technologie bringen somit den Nutzen zu einem großen Teil zulasten der Natur und damit auch zulasten der Zukunft, während Nachhaltige Technologien sowohl der Gegenwart wie der Zukunft Nutzen bringen.³²

5.2.3 Ökonomische Leitprinzipien und -indikatoren

Aus den eben beschriebenen Hauptsätzen der Thermodynamik und ihrer Übertragung auf das Wirtschafts- bzw. Technologiesystem lassen sich nun Leitkriterien für Nachhaltige Produkte und Technologien ableiten, die entweder Ressourceneffekte registrierende Kriterien darstellen, die Verteilungseffekte bewerten oder systemrelevante Kriterien beschrieben, bei denen es um die grundsätzlichen systemischen Wirkungen und daher um die generellen Grundeigenschaften von Produkten und Technologie im Konnex mit anderen relevanten Systemkomponenten geht. Auf den Unterschied zum vorhergehenden Abschnitt (systemischer Kontext) sei hier hingewiesen, da es dort um system-bezogene Anforderungen ging (also um das System selbst und dessen gesamtsystemische a-priori Ausgestaltung), während es hier um inhärente Merkmale und Wesenszüge der Technik selbst gehen soll. Diese nun folgenden Kriterien können (in leicht abgewandelter Form) auch schon als Indikatoren zur Bewertung der Nachhaltigkeit einer Technologie herangezogen werden.

- **Soff- bzw. Materie-Effizienz (Dematerialisierung).** Nachhaltigen Technologien wird gegenüber bestehenden "schlechtern" Technologien dann der Vorzug zu geben sein, wenn der gleiche bzw. höhere Nutzen mit geringerem stoff- d.h. mengenmäßigen Aufwand an Ressourcen erreicht wird. Wie beschrieben ist der Nutzen, den eine Technologie (ein Produkt) bringen kann nichts anderes als der Beitrag (ihr Service) zum Erhalt bzw. zur Erhöhung der Lebensqualität. Der Nutzen ist also direkt mit dem Lebensgenuss selbst zu bewerten. Um diese Bewertung geht es im eigentlichen.

³² Siehe: Daly, H.: Wirtschaft jenseits von Wachstum. Die Volkswirtschaftslehre Nachhaltiger Entwicklung. Salzburg 1999, S.251 ff. (Über den Beitrag von Nicholas Georgescu-Roegen zur Wirtschaftswissenschaft)

- **Energie- und Exergie-Effizienz.** Diese Leitkriterium besagt, dass neben der Verringerung des Stoffdurchsatzes (Dematerialisierung) jene Produkte und Technologien bevorzugt werden sollen, die in energetischen bzw. thermischen Prozessen, den Energieinhalt einer Ressource am effizientesten nutzen bzw. in jene nutzbare Energieform umwandeln lassen mit der höchsten Qualität und damit der geringsten Entropieerhöhung. In anderen Worten: die Arbeitsfähigkeit eines Rohstoffes soll soweit wie möglich genutzt werden.
- **Arbeitskraft-Effizienz (Humanressourcen-Intensität).** Dieses Kriterium beschreibt den Aufwand an humanen Ressourcen, der für die "Produktion" eines bestimmten Nutzens notwenig ist. Darunter fallen nicht nur klassische Produkte sondern auch Service- und Dienstleistung. Nachhaltigkeit im Bereich der Effizienz von Humanressourcen ist in Zeiten der Arbeitslosigkeit aber eine nicht einfach zu bewertende Größe.
- **Infrastruktur-Effizienz (Maschinen-, Gebäude-, Transport-Intensität).** Neben einem möglichst effizienten Einsatz von neu aus der Natur entnommenen Ressourcen, soll besonders auch bereits im Umlauf befindliche (gefertigte, verbaute) Ressourcen Bedacht genommen werden. Diese haben den ganz erheblichen Vorteil, dass sie nicht wieder der Natur entnommen werden müssen, mit dem Effekt des Naturverbrauchs, ökologischen Rucksacks, oft großen Aushubmengen, erneutem Flächenverbrauch etc. Um dies aber zu ermöglichen, ist die Auslastung der Infrastruktur also Maschinen-, Gebäude- und Transport-Intensitäten völlig neu (eventuell auch monetär) zu bewerten.
- **Naturressourcen-Effizienz (Luft-, Wasser-, Boden-Intensität).** Eine wichtige Gruppe von Maßzahlen wird darüber Auskunft geben müssen, wie effizient bzw. in welch intensivem Maße die Naturressourcen (Boden, Wasser, Luft etc.) bei der Erbringung eines bestimmten Nutzens / bei der Erstellung einer gewünschten Dienstleistung verwendet werden. Ein Nachhaltiges Produkt sollte gegenüber einem konventionellen gerade hier erhebliche Unterschiede zeigen (z.B. durch die Verwendung von nachwachsenden Ressourcen, rezyklierten Materialien, kaskadisch genutzter Energieformen etc.)
- **Raum- und Zeit-Effizienz (Verteilungswirkung).** Diese Kategorie von Kriterien soll sowohl der räumlich-geografischen als auch in der zeitlich-intergenerativen Dimension einer Nachhaltigen Technologieentwicklung gerecht werden. Viele der damit angesprochenen Kriterien haben somit zu tun mit dem Spannungsfeld global-regional (Transportkostenwahrheit, Versorgung mit Fernprodukten, Fremdabhängigkeiten z.B. durch einen hohen Anteile fossiler Rohstoffe etc.) und zu tun mit dem Spannungsfeld Gegenwart-Zukunft (Leben auf Kosten des Naturkapitals, Verteilungseffekte, Verringerung der Zukunftsoptionen, Gefährdung des "Vermächtnisses" etc.).
- **Flexibilität und maßstäbliche Anpassungsfähigkeit.** Nachhaltige Produkte und Technologien sollen - unter Berücksichtigung all der notwendigen Neuerungen auch und vor allem in der Verhaltenswirkung der Konsumenten - in die bestehenden gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und regionalen Systemstruktur

eingefügt und Schritt für Schritt erweitert und ausgebaut werden können. Sie sollten daher an das systemische Umfeld und dessen Besonderheiten, an unterschiedliche Ausgangssituation und Zielvorstellungen auch im Hinblick auf ihre Flexibilität in Bezug auf ihre Scale-Up-Fähigkeit (d.h. Vergrößerungsfähigkeit in Sachen Maßstab) anpassbar sein.

- **Prozess- und Entwicklungsfähigkeit.** Das allgemeine Kriterium der Prozess- und Entwicklungsfähigkeit bedeutet im ökosystemar-biologischen Sinne, dass sich "Leben" ständig in einem evolutionären Prozess befindet, sich wandelt und weiterentwickelt. Dazu gehören Mechanismen wie z.B. eine relative Fehlertoleranz bzw. selbstregulierende, fehlerverzeihende Systeme in biologischen und biochemischen Prozessen, die die Basis für eine vielfältige Ausgestaltung der evolutionären Möglichkeiten bildet. Nachhaltige Technologien sollten sich diese Prinzipien zu eigen machen, indem sie auf die vielfältigen wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und natursystemaren Rahmenbedingungen (Herausforderungen) entsprechend reagieren können, ohne gleich in die Gefahr einer Isolation zu kommen und bei auftretenden Fehlern zur Gänze ausgetauscht werden zu müssen. Für Nachhaltige Produkte und Technologien bedeutet das Prinzip der Entwicklungsfähigkeit ein gewisses Maß an Kompatibilität mit anderen am Markt befindlichen Produkten. Weiters erhöht sich diese Fähigkeit, wenn eine hohe Flexibilität bei Verwendung und Einsatz sowohl in lokaler, zeitlicher wie in struktureller Hinsicht gegeben ist. Die Erhöhung der Fehlertoleranz ist z.B. über Modulbauweise erreichbar, wenn sie hohe Materialqualitäten und damit eine gewisse Zuverlässigkeit aufweist. Weitere Kriterien die dazu in Einklang gebracht werden sollten sind: relativ einfache Substituierbarkeit durch andere Technologien; wenige Schnittstellen und Überbrückungshilfen zu anderen Komponenten; dezentral angelegte (regionale) Strukturen; Entscheidungsfreiheit auch im Sinne von Demokratie, Mitbestimmung und Eigenverantwortung; Prinzipien der Dynamik, Selbstorganisation, Offenheit etc.
- **Material- und Bauteilekonsistenz.** Ziel Nachhaltiger Produkte und Technologien ist die Verbesserung der (sozialen, ökonomischen und ökologischen) Lebensgrundlage. Dazu soll Nutzen und Profit so effizient, suffizient und naturschonend wie möglich erzielt werden. Dies kann über Einsparungen in Betriebsenergie- und Materialanteilen (Gewicht), über die Lebensdauerverlängerung oder über maßgeschneiderte Werkstoffe und Werkstoffkombinationen erfolgen. Um die dabei entstehenden Materialverunreinigungen und deutlich verschlechterten Werkstoffeigenschaften kompensieren zu können, wird der Nutzengewinn aber oft mit ökologisch und sozial besonders problematischen Recycling- und Aufrüstungstechniken (Chemikalien, toxische Verfahren etc.) erkauft. Ein nach Nachhaltigkeitskriterien beschaffenes Recycling-System benötigt: Material- und Bauteilekonsistenz; Sortenreinheit; einheitliche Einsatzmaterialien; Normwerkstoffe; leicht trennbare Werkstoffverbunde; eine Bauweise im Modulsystem; Baustoffkataloge mit Nachhaltigkeitsbewertung etc.
- **Lebenszyklusorientierung - Verlängerung der nutzbringenden Lebensphase.** Wie in den Ausführungen zu den zwei Hauptsätzen der Thermodynamik gezeigt, kann als eigentliche Lebensdauer eines Produktes / einer Technologie nur jene Zeitspanne

bezeichnet werden, die tatsächlich zur Steigerung oder zumindest Aufrechterhaltung des Lebensgenusses beiträgt. Diese hängt natürlich von der Geschwindigkeit ab, wie schnell das Produkt (Materie/Energie bzw. deren Bausteine) verbraucht bzw. dessen Funktionstüchtigkeit "aufgezehrt" wird, sodass es seinen Nutzen nicht mehr erfüllen kann. Die Lebenszyklusorientierung geht primär also davon aus, die Zeitspanne der Serviceleistung so lange wie möglich zu gestalten. In weiterer Folge sollen Aufwand und Kosten zur Erneuerung, Ersetzung oder Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des Produktes / der Technologie so gering wie möglich ausfallen. Um jedoch wiederverwendbare Technologien einsetzen zu können, ist die Akzeptanz beim Benutzer herzustellen.

- **Misch- oder Multifunktionalität.** Störungen in der Versorgung der Technologie durch deren Betriebsmittel (Grundressourcen) können die Lebensdauer bzw. die grundsätzliche Einsetzbarkeit der Technologie erheblich beeinträchtigen. Um dies zu verhindern, soll bei der Entwicklung eines Nachhaltigen Produktes / einer Technologie stets das Versorgungssystem mitbedacht und eventuell mitentwickelt werden. An diese Forderung schließt sich nahtlos die Reduktion bzw. das Ausschalten von einseitigen Abhängigkeiten in Bezug auf Rohstoffe, nicht-regionale Ressourcen oder Finalisierungsverfahren. Diese hemmenden Faktoren eines ökologischen Strukturwandels (Fremdversorgung, Teilabhängigkeit, Fernbestimmtheit etc.) könnte derart abgeschwächt werden.

5.2.4 Ausgestaltung der Nachhaltigkeitskriterien in der Praxis (Betrieb)

Zur konkreten Ausgestaltung der oben angeführten Nachhaltigkeitskriterien in der (betrieblichen) Praxis, müssen unter anderem die Stoffstrom- und Energieflussdaten über einen gesamten Lebenszyklus eines Produktes erfasst werden. Diese Ökobilanzen oder Produktlinienanalysen bilden den gesamten Lebenszyklus eines Produktes oder einer Dienstleistung von der Rohstoffgewinnung und -aufbereitung, Herstellung, dem Ge- und Verbrauch, der Entsorgung, Distribution und dem Transport zwischen allen Stufen nach. Um die daraus resultierenden Umweltbelastungen besser verdeutlichen zu können, erfolgt die Analyse aller auftretenden Stoff- und Energieumsätze nach Indikatoren wie z.B. MIPS oder „ökologische Rucksäcke“. Produktlinienanalysen erfassen und bewerten über die reinen Ökobilanzen hinaus den (sozialen) Nutzen von Produkten und Dienstleistungen in einer Kosten-Nutzen-Abschätzung und bewerten damit die gewollten oder ungewollten sozioökonomischen Auswirkungen.

Um die Voraussetzungen für die betriebliche Umsetzung zu schaffen, sind sowohl wirtschaftsinterne wie -externe Leistungen zu erbringen. Dazu gehören auch Änderungen und Vorgaben seitens Gesellschaft und Politik, um die genannten Leitprinzipien in operationalisierbare Maßnahmen umgestalten zu können. Diese Leitprinzipien für eine Nachhaltige Produkt- und Technologieentwicklung müssen in konkrete Handlungsanleitungen herunterzubrechen sein, da eine bloße Definition solcher Nachhaltigkeitskriterien (wie dies auf den letzten Seiten in technologisch-positivistischer und normativ-ethischer Weise erfolgt ist) reine akademische Arbeit bleibt. Nur eine

direkte Anwendung ermöglicht auch einer sukzessive Anerkennung und Verbesserung, und schafft über klare praktische Problemfälle, die im Zuge der Umsetzung anstehen, diskutiert und gelöst werden müssen, einen operationalen Anwendungsbezug.

Es ist natürlich nicht auszuschließen, dass es aufgrund der Fülle der Leitprinzipien bei deren direkter Erprobung zu Konflikten in der Entscheidungs- und/oder Zielfindung kommt. Die ausgearbeiteten Leitziele werden hie und da untereinander gewiss aber mit den traditionellen, konservativen Optimierungskriterien von Produkten und Technologien in Konkurrenz stehen. Um diesbezüglich eine möglichst einwand- und zweifelsfrei Reihung der Entscheidungs- und Gestaltungskriterien vornehmen zu können, ist ein allgemein akzeptierter Bewertungsschlüssel (Maßstab, Matrix, Indikatorenset oder ähnliches) notwendig, der die breite Palette der genannten Kriterien (harte Daten und Fakten, qualitative Bewertungen, normative und ethische Paradigmen) enthalten muss.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Mangelnde Fortschritte bei der Realisierung einer nachhaltigen Entwicklung sind weniger ein Problem des Wissens als vielmehr ein Problem der Umsetzung. Die Umsetzung ist primär aber eine strategische Aufgabe: wer, wann, zu welcher Zeit, womit. Dabei hat sich die Wissenschaft bisher und primär auf die Erarbeitung von Inhalten konzentriert. Dabei ergeben sich markante Defizitbereiche:

- 1.) die Inhalte wurden und werden noch immer eher sektorale und viel zu wenig vernetzt bzw. inter- und transdisziplinär erarbeitet,
- 2.) durch ihr lineares und mechanistisches Weltverständnis bzw. durch ihren (teilweise antiquierten) Regelkanon verschließt sich ein Großteil der Wissenschaft noch immer den Erfahrungen, Erkenntnissen und dem Wissen aus den ganzheitlich-systemischen Zusammenhängen,
- 3.) die Verbindungen und Schnittstellen zur strategischen und praktikablen Umsetzung zur Implementierung und Diffusion, also die Praxisbezüge fehlen meist gänzlich und
- 4.) technische Aufgaben wurden und werden noch immer vorbehaltlich von Technikern als rein technische Fragestellung betrachtet und nicht im gesellschaftlichen Kontext gesehen und ganzheitlich behandelt.

Die grundlegende Frage lautet: „Wie können komplexe Systeme wie im vorliegenden Fall das der Produkt- und Technikentwicklung in Richtung höherer Nachhaltigkeit gelenkt werden?“ Dafür wurden im vorliegenden Zwischenbericht grundsätzliche Anforderungen, Leitkriterien und -methoden aus dem Blickwinkel der wichtigsten Säulen des Konzeptes der Nachhaltigen Entwicklung (Integrale Systemsicht, Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft) abgeleitet und im Detail vorgestellt. Für die einzelnen Bereiche wurden zusammenfassend folgende Leitprinzipien beschrieben:

Grundsätzliche Kriterien der Nachhaltigkeit von Produkten und Technologien

- Ganzheitlichkeit
- Anwendungsbezogenheit
- Zukunftsfähigkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Nutzenorientierung
- Ökologische und Soziale Tragfähigkeit
- Prozesshaftigkeit und Entwicklungsfähigkeit

Systemrelevante Kriterien der Nachhaltigkeit von Produkten und Technologien

- Dauerhafte Versorgungssicherheit
- Effizienz und Dematerialisierung
- Flexibilität, Kreativität
- Risikominimierung, Sicherheit

- Wandlungs- und Entwicklungsfähigkeit
- Suffizienz, Anpassungsfähigkeit und Vernetzung
- Lebenszyklusorientierung
- Bedürfnis- und Nutzenorientierung
- Leitbildorientierung
- Verhaltenswirkung und Wertewandel

Ökologische Kriterien der Nachhaltigkeit von Produkten und Technologien

- Regenerationsfähigkeit der Biosphäre
- Assimilationsfähigkeit
- Vielfalt und Beachtung der Lebensprinzipien
- Suffizienz, Effizienz und Wirksamkeit
- Naturrhythmen und Eigenzeiten
- Änderung des Umweltverhaltens

Gesellschaftliche Kriterien der Nachhaltigkeit von Produkten und Technologien

- Demokratie und Selbstbestimmung
- Dezentralität und Subsidiarität
- Abbau von Zentralität und Machtkonzentration
- Abbau von Fremdbestimmung und Fernbelastungen
- Partizipation und Abbau der Kriminalität
- Regionale und nationale (wirtschaftliche) Sicherheit
- Kreativität und Honorieren von Ehrenarbeit

Wirtschaftliche Kriterien der Nachhaltigkeit von Produkten und Technologien

- Stoff- bzw. Materie-Effizienz (Dematerialisierung)
- Energie- und Exergie-Effizienz
- Arbeitskraft-Effizienz
- Infrastruktur-Effizienz
- Raum- und Zeit-Effizienz
- Flexibilität und Anpassungsfähigkeit
- Prozess- und Entwicklungsfähigkeit
- Material- und Bauteilkonsistenz
- Orientierung am Gesamtlebenszyklus
- Misch- und Multifunktionalität

Diese Kriterien sollen für die noch folgende Arbeit als Fundament zur Bewertung konventioneller Produktentwicklungsprozesse dienen aber auch gleichzeitig eine Vision davon geben, wie ein vollkommen neuer Prozess zur Entwicklung von Produkten und Technologien aussehen könnte. Somit lassen sich folgende Ergebnisse für das Gesamtvorhaben erwarten, die zum Teil schon im vorliegenden Zwischenbericht eingelöst wurden:

- Erhebung der wichtigsten und erfolgversprechendsten Leitprinzipien für eine Nachhaltige Technologie- bzw. Produktentwicklung als Baustein zur Implementierung und Diffusion des Konzeptes der Nachhaltigen Entwicklung in Österreich
- Entwicklung und Verfeinerung von systemrelevanten Kriterien (Leitlinien, Indikatoren) für die Einschätzung und Bewertung der Strategien bzw. Prozesse oder Programme zur Produktentwicklung in Hinblick auf eine Nachhaltige Entwicklung
- Ermittlung von systemischen Ansätzen die darauf abzielen, nicht allein das Produkt oder die Technologie, also das Endergebnis) in den Vordergrund zu stellen, sondern auch neue Formen der Entwicklungsprozesse austesten bzw. vorsehen wie z.B. das Entwickeln ausgehend von Bedürfnisfeldern, neue Formen der Nutzereinbindung, systemische Lösungen usw.
- Auswertung der bisherigen Erfahrungen von Umsetzungsaktivitäten (Regionale Wirtschaftskooperationen, Akteursnetzwerke, LA 21 usw.) im Zusammenhang mit der Absicherung und Stärkung der lokalen Wirtschaft unter dem Leitbild der nachhaltigen betrieblichen bzw. regionalen Entwicklung im Hinblick auf ihre Möglichkeiten und Chancen für eine nachhaltige Produktentwicklung.
- Ausarbeitung und Konzeption inhaltlicher sowie organisatorischer Empfehlungen für die Durchführung dieses „neuen“ bzw. besser geeigneten Produkt- und Technologieentwicklungsprogrammes unter Bezugnahme zu Aspekten des Backcasting, der Leitbildentwicklung und der partizipativen Erarbeitung.
- Ausarbeitung der Stärken, Vorteile und Chancen, die sich durch einen neu durchdachten und anders strukturierten Produkt- und Technikentwicklungsprozess (für Betriebe, Regionen, Gemeinschaften usw.) ergeben.

Literaturverzeichnis

- Bansen, G., Friedrich, K.: Sozialorientierte Technikgestaltung - Realität oder Illusion? - Dilemmata des Ansatzes. In: dies. (Hrsg.): Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Berlin 1987.
- Bechmann, G.: Ethische Grenzen der Technik oder technische Grenzen der Ethik? In: Geschichten der Gegenwart. Vierteljahreshefte für Zeitgeschichte, Gesamtanalyse und politische Bildung 12, 1993, S. 213 - 225.
- Beck, U.: Gegengift. Die organisierte Unverantwortlichkeit. Frankfurt a. M. 1988.
- Beck, U.: Was ist Globalisierung. Irrtümer des Globalismus - Antworten auf Globalisierung, Frankfurt a. M. 1997.
- Bierter, W., Stahel, W. R. und Schmidt-Bleek, F.: Öko-intelligente Produkte, Dienstleistungen und Arbeit, Studie im Rahmen der Verbundprojekte Zukunft der Arbeit und Zukunftsfähige Wirtschaft, Wuppertal Spezial 2, Wuppertal 1996.
- Bierter, W. und Schmidt-Bleek, F.: Technische Dimensionen der Dematerialisierung für die Wirtschaftsentwicklung Österreichs sowie Folgerungen für die Forschungs- und Technologiepolitik. Studie des Factor 10 Institute, November 1998.
- Blum, U.: Humane Technikgestaltung. Bremen 1987.
- Böhm, H.-P., Gebauer, H., Irrgang B. (Hrsg.): Nachhaltigkeit als Leitbild für Technikgestaltung. Forum für interdisziplinäre Forschung Band 14, Dettelbach 1996.
- Bossel, H.: Globale Wende. Wege zu einem gesellschaftlichen und ökologischen Strukturwandel. München 1998.
- Capra, F.: Lebensnetz. Ein neues Verständnis unserer Welt. Berlin, München, Wien 1996.
- Daly, H.: Wirtschaft jenseits von Wachstum. Die Volkswirtschaftslehre Nachhaltiger Entwicklung. Salzburg 1999.
- Detzer, K. A.: Das Unternehmen. Schnittpunkt von Wirtschafts- und Technikethik. In: Grunwald, A., Saupe, S. (Hrsg.): Ethik in der Technikgestaltung. Praktische Relevanz und Legitimation. (Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung Bd. 2). Berlin 1999, S. 28 - 44.
- Dierkers, M., Hoffmann, U., Marz, L.: Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen. Berlin 1992.
- Dierkers, M., Marz, L.: Leitbilder der Technik. Ihre Bedeutung, Funktion und Potentiale für den KI-Diskurs. WZB-Papers FS II 92-107. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. Berlin 1992.
- Esser, J., Fleischmann, G., Heimer, T. (Hrsg.): Soziale Schließung im Prozess der Technologieentwicklung. Leitbild, Paradigma, Standard. Frankfurt New York 1998.
- Fontin, M.: Das Management von Dilemmata. Erschließung neuer strategischer und organisationaler Potentiale, Wiesbaden 1997.
- Fresner, J., Fritsch, E., Schnitzer, H., Schwarz, H.-G., Wimmer, W.: Verfahren, Produkte und Dienstleistungen. Ergebnisse aus der Vorbereitungsphase für das Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften, BMWV, Graz, Dezember 1999.
- Gethmann-Siefert, A. (Hrsg.): Wissenschaft und Technik als Gegenstand politischer Reflexion. Bonn 1999.
- Glatzer, W.: Von der "Innovation der Produkte" zur "Modernisierung der Lebensstile". In: Esser, J., Fleischmann, G., Heimer, T. (Hrsg.): Soziale Schließung im Prozess der Technologieentwicklung. Leitbild, Paradigma, Standard. Frankfurt New York 1998, S. 71 - 78.
- Grin, J., Grunwald, A. (Hrsg.): Vision Assessment: Shaping Technology in 21st Century Society. Towards a Repertoire for technology Assessment. Wissenschaftsethik und Technikfolgenbewertung Band 4, Berlin 2000.

- Grunwald, A.: Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzeption und methodische Grundlagen. Berlin 1998.
- Grunwald, A., Saupe, S. (Hrsg.): Ethik in der Technikgestaltung. Praktische Relevanz und Legitimation. (Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung Bd. 2). Berlin 1999.
- Häberli, R., Scholz R. W., Bill, A., Welti, M. (Hrsg.): Transdisciplinarity: Joint Problem-Solving among Science, Technology and Society. Proceedings of the International Transdisciplinarity 2000 Conference. Zurich 2000.
- Hodel, M.: Organisationales Lernen und Qualitätsmanagement. Eine Fallstudie zur Erarbeitung und Implementation eines visualisierten Qualitätsleitbildes. Frankfurt a. M. 1998.
- Homann, K., Blome-Drees, F.: Wirtschafts- und Unternehmensethik, Göttingen 1992.
- Hübner, H.: Informationsmanagement und strategische Unternehmensführung. Vom Informationsmarkt zur Innovation, München 1996.
- Hubig, C.: Ethik der Technik. Ein Leitfaden. Berlin 1991.
- Institut für Organisationskommunikation (IFOK): Zukunftsfähigkeit lernen. Kurzfassung zum Diskurs-Projekt 'Bausteine für ein zukunftsfähiges Deutschland' im Auftrag vom Verband der Chemischen Industrie und von der IG Bergbau, Chemie, Energie mit einem Kommentar von Edgar Gärtner. Krefeld 1997.
- Jaeggi, C., Tanner, C., Foppa, K., Arnold, S.: Was uns vom Umweltverantwortlichen Handeln abhält. In: Kaufmann-Hayoz, R., Di Giulio, A. (Hrsg.) Umweltproblem Mensch. Humanwissenschaftliche Zugänge zu umweltverantwortlichem Handeln. Bern 1996, S. 181 - 196.
- Jansen, L. A. et al.: STD Vision 2040 – 1998. Technology - Key to Sustainable Prosperity", DTO Duurzame Technologische Ontwikkeling, Uitgever Publisher, Den Haag 1997.
- Jonas, H.: Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Frankfurt a. M., 1979.
- Kanatschnig, D.: Vorsorgeorientiertes Umweltmanagement. Grundlagen einer nachhaltigen Entwicklung von Gesellschaft und Wirtschaft, Linzer Universitätsschriften, Wien 1992.
- Kanatschnig, D. et al.: Anforderungen an nachhaltige Technologien, Gutachten des ÖIN im Auftrag des Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, Wien 1997.
- Kaiser, G. et al.: Technologiebedarf im 21. Jahrhundert, Campus, Frankfurt 1999.
- Kuntze, U., Köppl, A., Pichl, C.: Wirkungen der Innovationsförderung im Schwerpunkt Umwelttechnik des Innovations- und Technologiefonds (ITF), Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) und WIFO Wien, ISI / WIFO, Wien 1997.
- Lang, R., Paula, M.: Österreichisches Kompetenznetzwerk für nachhaltige Wirtschafts- und Technologieentwicklung. Konzeptvorschlag, Endbericht, BMWV und Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH. Graz, Wien 1998.
- Little, A. D.: Management der Lernprozesse im Unternehmen. Wiesbaden 1995.
- Luhmann, N.: Paradigm lost: Über die ethische Reflexion der Moral. Frankfurt a. M. 1990.
- Mambrey, P., Pateau, M. und Tepper A.: Technikentwicklung durch Leitbilder. Neue Steuerungs- und Bewertungsinstrumente. Frankfurt/New York 1995.
- Mambrey, P., Tepper, A.: Metaphern und Leitbilder als Instrument - Beispiele und Methoden. Arbeitspapiere der GMD, St. Augustin 1992.
- Mambrey, P., Pateau, M. und Tepper, A.: Technikentwicklung durch Leitbilder. Neue Steuerungs- und Bewertungsinstrumente. Frankfurt New York 1995.
- Märki, D.: Strategisches Synergiemanagement: Vom Rudern zum Segeln. Wege zu flexiblen und kreativen Problemlösungen. Zürich 1995.
- Marz, L., Dierkes, M.: Leitbildprägung und Leitbildgestaltung. Zum Beispiel der Technikgenese-Forschung für eine prospektive Technikfolgen-Regulierung. WZB-Papers FS II 92-105. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. Berlin 1992.

- Minsch, J. et al.: *Mut zum ökologischen Umbau. Innovationsstrategien für Unternehmen, Politik und Akteurnetze*. Basel 1996.
- Mumford, L.: *Mythos der Maschine. Kultur, Technik und Macht. Die Umfassende Darstellung der Entdeckung und Entwicklung der Technik*, Frankfurt 1977.
- Oberösterreichische Umweltakademie (Hrsg.): *Aufleben in Oberösterreich. Leitbilder für einen nachhaltigen Lebensstil*, Linz 1996.
- Patmore, B.: *Perfect vision in management. Starting with the end in mind*. London 1998.
- Plesser, E. H.: *Leben zwischen Wille und Wirklichkeit - Unternehmer im Spannungsfeld von Ge-wissen und Ethik*. Freiburg i. B. 1977.
- Probst, G.: *Selbst-Organisation. Ordnungsprozesse in sozialen Systemen aus ganzheitlicher Sicht*. Berlin 1987.
- Probst, U.: *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln: ein Brevier für Führungskräfte*. Bern 1991.
- Rehse, L.: *Entwicklung von Bewertungsfeldern für eine umweltbewußte Produktgestaltung, Stu-die im Auftrag des Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, GrAT*, Wien 1996.
- Richter, F.: *Die Selbstorganisation von Unternehmen in strategischen Netzwerken. Bausteine zu einer Theorie des evolutionären Management*. Frankfurt 1995.
- Rödinger, K. H., Wilherlm, R.: *Zu den Ethischen Leitlinien der Gesellschaft für Informatik. Infor-matik Spektrum 19*, 1996, S. 79 - 86.
- Röpke, J.: *Die Strategie der Innovation. Eine systemtheoretische Untersuchung der Interaktion von Individuum, Organisation und Markt im Neuerungsverhalten*. Tübingen 1977.
- Röpke, W.: *Jenseits von Angebot und Nachfrage*. Bern 1979.
- Ropohl, G.: *Ethik und Technikbewertung*. Frankfurt a. M. 1996.
- Rose, H. (Hrsg.): *Nutzerorientierung im Innovationsmanagement. Neue Ergebnisse der Sozialfor-schung über Technikbedarf und Technikentwicklung*. München 1995
- Rubik, F., Teichert, V.: *Ökologische Produktpolitik. Von der Beseitigung von Stoffen und Materia-lien zur Rückgewinnung in Kreisläufen*. Stuttgart 1997.
- Schaltegger, St. et al.: *Innovatives Management staatlicher Umweltpolitik. Das Konzept des New Public Environmental Management*. Basel 1996.
- Schmidt-Bleek F.: *Das MIPS – Konzept. Weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10*. München 1998.
- Schmidt-Bleek, F., Tischner, U.: *Produktentwicklung. Nutzen gestalten – Natur schonen*, Schriften-reihe des Wirtschaftsförderungsinstituts Österreich, Nr. 270. Wien 1995.
- Strigl, A., Kanatschnig, D.: *Systemwirkungen nachhaltiger Technologien. Studie im Auftrag des Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr*, Wien 1998.
- United Nations: *Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. Rio Declaration on Environment and Development. Final Text of Agreements negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), 3-14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil*.
- Weizsäcker, C. von: *Missachtung der Zeitskalen. Abschied vom Prinzip Versuch-und-Irrtum*. In: Adam, B., Geißler, K. H., Held, M. (Hrsg.): *Die Nonstop-Gesellschaft und ihr Preis*. Stuttgart 1998. S. 171 - 184.
- Welsch, W.: *Unsere postmoderne Moderne*, Weinheim 1987.
- Weaver, P., Jansen, L., Grootveld, G. v., Spiegel, E. v., Vergragt, P.: *Sustainable Technology Devel-opment*, Sheffield 2000.
- Westphalen, R. Graf von: *Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe*, München Wien 1997.