



Wietschel • Fichtner • Rentz (Hrsg.)

Regenerative Energieträger

Der Beitrag und die Förderung regenerativer
Energieträger im Rahmen einer
Nachhaltigen Energieversorgung



WILEY-
VCH

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Aus technischen Gründen bleibt diese Seite leer

Wietschel • Fichtner • Rentz (Hrsg.)

Regenerative Energieträger

Der Beitrag und die Förderung regenerativer
Energieträger im Rahmen einer Nachhaltigen
Energieversorgung

Aus technischen Gründen bleibt diese Seite leer

Wietschel • Fichtner • Rentz (Hrsg.)

Regenerative Energieträger

Der Beitrag und die Förderung regenerativer
Energieträger im Rahmen einer
Nachhaltigen Energieversorgung



WILEY-
VCH

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2002 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

ISBN 978-3-527-32181-0

Vorwort

Die Forderung nach einem Nachhaltigen Wirtschaften, um der Verantwortung der heutigen Generation für die Lebensgrundlagen künftiger Generationen gerecht zu werden, bestimmt die aktuelle umweltpolitische Diskussion. Nachdem die ethisch motivierten Forderungen, die sich aus dem Leitbild einer Nachhaltigen Entwicklung ergeben, weitgehend akzeptiert sind, steht man heute vor der Herausforderung, Konzepte und Lösungswege zu entwickeln, die eine praktische Umsetzung eines Nachhaltigen Wirtschaftens in den jeweiligen Handlungsfelder ermöglichen.

Innerhalb der Gestaltung einer Nachhaltigen Energiewirtschaft spielen regenerative Energieträger aufgrund ihres potenziellen Beitrages zur Ressourcenschonung von fossilen Energieträgern und zur Minderung der klimawirksamen Spurengase eine besondere Rolle. Es stellt sich somit die Frage, wie regenerative Energieträger am effektivsten und effizientesten gefördert werden sollen und welchen Beitrag sie innerhalb einer an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichteten Energiewirtschaft leisten können. Am Deutsch-Französischen Institut für Umweltforschung (DFIU) und am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) der Universität Karlsruhe (TH) wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Forschungsvorhaben zu diesem Themenkomplex bearbeitet. Ziel des vorliegenden Buches ist es, die aktuellen Forschungsergebnisse zusammenfassend einem breiten Fachpublikum vorzustellen.

Die Forschungsvorhaben wurden u.a. gefördert von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU), durch das Projekt BWPLUS der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg aus Mitteln des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg und aus Mitteln des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Diesen Institutionen sei an dieser Stelle ein herzlicher Dank für ihre Unterstützung ausgesprochen. Dem Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg wird auch für die finanzielle Unterstützung dieser Publikation gedankt.

Karlsruhe, den 09. Februar 2002

Die Herausgeber

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
	<i>M. WIETSCHEL</i>	
2	Zur Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung.....	4
	<i>M. WIETSCHEL, N. ENZENSBERGER, M. DREHER</i>	
2.1	Vorgehensweise zur Entwicklung einer nachhaltigen Umweltpolitik.....	4
2.1.1	Normative Nachhaltigkeitskonzepte im Überblick.....	7
2.1.2	Definition des Leitbilds einer Nachhaltigen Energieversorgung.....	9
2.1.3	Bestimmung von Problemfeldern.....	12
2.1.4	Festlegung von Indikatoren.....	14
2.1.5	Zielwerte von Indikatoren (Handlungsziele).....	15
2.1.6	Identifikation und Bewertung von Strategien.....	17
2.1.7	Auswahl von umweltpolitischen Instrumenten und Festlegung von Maßnahmenbündeln.....	17
2.2	Strategien zur Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung.....	18
2.2.1	Strategien zur Effizienzverbesserung.....	18
2.2.2	Nutzung regenerativer Energieträger.....	21
2.2.3	Strategien zur Innovationsförderung.....	21
2.2.4	Strategien im Rahmen der Globalisierung.....	23
2.2.5	Nachhaltigkeitsstrategien im Verkehrsbereich.....	23
2.2.6	Zur Kombination von Nachhaltigkeitsstrategien.....	25
2.3	Zusammenfassung.....	26
2.4	Quellen.....	27
3	Klassifizierung umweltpolitischer Instrumente und Bewertungskriterien.....	30
	<i>N. ENZENSBERGER, M. WIETSCHEL</i>	
3.1	Allgemeine Instrumentenklassifikation.....	30
3.1.1	Hoheitliche Instrumente.....	30
3.1.1.1	Ordnungsrechtliche Instrumente.....	31
3.1.1.2	Ökonomische Instrumente.....	32
3.1.1.3	Suasorische Instrumente.....	33
3.1.1.4	Organisatorisch-strukturelle und regulatorische Instrumente.....	34
3.1.2	Maßnahmen und Instrumente der Privatwirtschaft.....	35
3.1.2.1	Unternehmensinitiativen.....	35
3.1.2.2	Selbstverpflichtungen.....	36
3.2	Kriterien für eine Instrumentenbeurteilung.....	36
3.2.1	Anforderungen an ein Kriterienraster.....	37
3.2.2	Bewertungskriterien für Instrumente der Nachhaltigkeit im Überblick.....	39
3.2.3	Kriterien der Zielerreichung hinsichtlich des Strategieziels.....	39
3.2.3.1	Grad der Zielerreichung.....	41
3.2.3.2	Geschwindigkeit der Zielerreichung.....	41
3.2.4	Kriterien der Zielerreichung hinsichtlich weiterer Partialziele einer Nachhaltigen Energieversorgung.....	42
3.2.5	Effizienzkriterien.....	43

3.2.5.1	Statische Effizienz.....	43
3.2.5.2	Dynamische Effizienz.....	43
3.2.5.3	Transaktionskosten.....	44
3.2.6	Kriterien der Systemkonformität.....	44
3.2.6.1	Marktkonformität.....	44
3.2.6.2	Rechtskonformität.....	45
3.2.7	Implementierungsanforderungen.....	46
3.2.7.1	Administrative Anforderungen.....	46
3.2.7.2	Regulierungsanforderungen.....	47
3.2.7.3	Flexibilität.....	48
3.3	Zusammenfassung.....	49
3.4	Quellen.....	49

4 Diskussion regenerativer Energieträger zur Stromerzeugung unter Nachhaltigkeitskriterien..... 51

M. DREHER

4.1	Einleitung.....	51
4.2	Untersuchungsgegenstand.....	52
4.3	Vorgehen bei der Beurteilung mit Hilfe des Kriterienrasters.....	56
4.4	Strategiebestimmte Kriterien bei der Förderung regenerativer Energieträger.....	57
4.4.1	Versorgungsstandard.....	57
4.4.1.1	Langfristige Fähigkeit zur Nachfragedeckung.....	57
4.4.1.2	Bedarfsgerechte Energiebereitstellung.....	58
4.4.1.3	Versorgungssicherheit der Stromversorgung.....	59
4.4.1.4	Versorgungsqualität der Stromversorgung.....	60
4.4.1.5	Versorgungssicherheit bei Energielieferungen.....	61
4.4.2	Ressourcen.....	62
4.4.2.1	Abbau nicht-regenerativer Energieträger.....	62
4.4.2.2	Abbau nicht-energetischer Rohstoffe.....	63
4.4.3	Umweltschutz.....	65
4.4.3.1	Artenschutz.....	65
4.4.3.2	Landschaftsschutz.....	66
4.4.3.3	Flächenverbrauch.....	67
4.4.3.4	Schadstoff- und Partikelemissionen.....	68
4.4.3.5	Klimaschutz.....	70
4.4.3.6	Abfall.....	72
4.4.4	Gesellschaft und Politik.....	73
4.4.4.1	Soziale Gerechtigkeit.....	73
4.4.4.2	Gesundheits- und andere Risiken.....	74
4.4.4.3	Beeinträchtigung der Lebens- und Wohnqualität.....	74
4.4.5	Wirtschaftlichkeit.....	76
4.4.5.1	Energiebereitstellungskosten.....	76
4.4.5.2	Wirtschaftsfaktoren.....	77
4.5	Maßnahmenbestimmte Kriterien.....	79
4.5.1	Quotenregelung.....	80
4.5.1.1	Zielerreichung.....	80
4.5.1.2	Effizienz.....	81
4.5.1.3	Systemkonformität.....	82
4.5.1.4	Implementierungsanforderungen.....	83

4.5.2	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	84
4.5.2.1	Zielerreichung.....	84
4.5.2.2	Effizienz.....	85
4.5.2.3	Systemkonformität.....	87
4.5.2.4	Implementierungsanforderungen.....	88
4.5.3	Grüne Angebote.....	89
4.5.3.1	Zielerreichung.....	89
4.5.3.2	Effizienz.....	90
4.5.3.3	Systemkonformität.....	91
4.5.3.4	Implementierungsanforderungen.....	92
4.6	Zusammenfassung.....	93
4.7	Quellen.....	95

5 Grüne Angebote als freiwilliges Förderinstrument..... 99 M. DREHER, S. GRAEHL, M. WIETSCHL

5.1	Grundlagen Grüner Angebote.....	99
5.1.1	Die Grundidee.....	99
5.1.2	Besondere Rahmenbedingungen für Grüne Stromangebote.....	100
5.1.3	Theoretische Überlegungen zur Entwicklung des Angebotserfolgs.....	101
5.1.4	Zusätzlichkeit Grüner Angebote.....	103
5.2	Der Markt für Grüne Angebote in Deutschland.....	106
5.2.1	Datenbasis zu Grünen Angeboten.....	106
5.2.2	Markteinführung.....	108
5.2.3	Unternehmensziele.....	109
5.2.4	Angebotsformen.....	110
5.2.5	Tarifmodelle.....	114
5.2.5.1	Preise und Absatzmengen.....	114
5.2.5.2	Marketing.....	117
5.2.5.3	Anlagen und Energieträger.....	118
5.2.5.4	Qualitätssicherung.....	120
5.3	Unterschiede zwischen den Akteursgruppen.....	122
5.4	Grüne Angebote als Alternative zu hoheitlichen Instrumenten.....	124
5.5	Instrumentenkombinationen und Förderwirkung.....	126
5.6	Zusammenfassung.....	128
5.7	Quellen.....	130

6 Auswirkungen einer Förderung regenerativer Energieträger in der Stromerzeugung - Eine Energiesystemanalyse für Baden-Württemberg..... 132 M. DREHER

6.1	Einleitung.....	132
6.2	Analysemethodik.....	132
6.2.1	Das Energie- und Stoffflussmodell PERSEUS-REG ²	132
6.2.2	Systemgrenzen der Modellierung.....	137
6.2.3	Handel mit Umweltzertifikaten.....	139
6.2.3.1	Modellierung der Förderung regenerativer Stromerzeugung.....	140
6.2.4	Optionen zur regenerativen Stromerzeugung.....	141
6.2.5	Rahmenbedingungen der Beispielregion Baden-Württemberg.....	142

6.3	Ergebnisse der durchgeführten Energiesystemanalysen.....	145
6.3.1	Folgen des Kernenergieausstiegs für die Emissionsentwicklung.....	145
6.3.2	Wesentliche Ergebnisse der Analysen zur Förderung regenerativer Stromerzeugung.....	146
6.3.2.1	Zur Nutzung von Deponie- und Klärgas.....	146
6.3.2.2	Die Förderung von Wasserkraftanlagen.....	146
6.3.2.3	Die Nutzung fester Biobrennstoffe vor dem Hintergrund der Emissions- entwicklung.....	147
6.3.2.4	Die Schlüsselrolle der Windkraft.....	150
6.3.2.5	Entwicklung der Erzeugungsgrenzkosten im Rahmen einer Förderregelung...	151
6.4	Empfehlungen für zukünftige Förderregelungen.....	153
6.5	Zusammenfassung.....	155
6.6	Quellen.....	158

7 Entwicklung einer kombinierten Minderungsstrategie für Treibhausgase und die Massenluftschadstoffe SO₂ und NO_x - Eine Energiesystemanalyse für Baden-Württemberg..... 160

W. FICHTNER, A. FLEURY

7.1	Problemstellung und Zielsetzung.....	160
7.2	Methodik.....	161
7.2.1	Das PERSEUS-BW Modell.....	161
7.2.2	Berücksichtigung mehrerer Treibhausgase im PERSEUS-BW Modell.....	162
7.2.3	Kopplung an ein internationales Strom- und Zertifikatmarktmodell.....	163
7.3	Input Daten.....	163
7.3.1	Kraftwerkspark in Baden-Württemberg.....	163
7.3.2	Raumwärme und Warmwasser in Haushalten und Kleinverbraucher.....	164
7.3.3	Industrie.....	165
7.3.4	Verkehr und Landwirtschaft.....	165
7.4	Ergebnisse.....	166
7.4.1	Szenariodefinition.....	166
7.4.2	Szenario 1: Referenzfall.....	166
7.4.3	Szenario 2: Vorgabe einer CO ₂ -Obergrenze.....	167
7.4.4	Szenario 3: Vorgabe einer CO ₂ , NO _x und SO ₂ -Obergrenze.....	168
7.4.5	Szenario 4: Vorgabe einer CO ₂ -Obergrenze und Zertifikatshandel.....	169
7.4.6	Szenario 5: Berücksichtigung mehrerer Treibhausgase.....	170
7.5	Zusammenfassung und Ausblick.....	171
7.6	Quellen.....	171

8 Nutzung regenerativer Energieträger – Eine Prozesskettenanalyse am Beispiel der energetischen Holznutzung in Baden-Württemberg..... 174

U. KARL, F. WOLFF

8.1	Holzsortimente zur energetischen Nutzung.....	175
8.1.1	Waldholz und Rinde.....	177
8.1.2	Gebrauchtholz.....	178
8.1.3	Landschaftspflegeholz.....	183
8.1.4	Sägenebenprodukte.....	184
8.1.5	Industrierestholz.....	184

8.2	Prozesskettenanalyse.....	185
8.2.1	Methodik der Prozesskettenanalyse.....	185
8.2.2	Auswahl typischer Prozessketten.....	186
8.2.2.1	Holzfeuerungen aus dem Bereich der kommunalen Nahwärmeversorgung.....	189
8.2.2.2	Fernheizwerke.....	190
8.2.2.3	Industrieheizkraftwerke mit reinen Holzfeuerungen.....	191
8.2.2.4	Mitverbrennung im Heizkraftwerk.....	191
8.2.3	Charakterisierung typischer Prozessketten.....	192
8.2.4	Transport.....	192
8.2.5	Bereitstellung des Brennstoffs Holz.....	193
8.2.5.1	Bereitstellung von Waldholz.....	193
8.2.5.2	Aufbereitung von Gebrauchtholz, Industrierestholz.....	194
8.2.5.3	Aufbereitung von Landschaftspflegeholz und Grünschnitt.....	194
8.2.5.4	Aufbereitung von Sägespänen und –mehl zu Pellets oder Briketts.....	195
8.2.6	Lagerung.....	195
8.2.7	Feuerungsanlagen für Holz.....	196
8.2.7.1	Emissionsminderungstechniken.....	198
8.2.7.2	Energieumwandlung.....	200
8.2.7.3	Mitverbrennung von Biomasse in Kohlefeuerungen.....	201
8.2.8	Verwertung bzw. Entsorgung der festen Rückstände.....	202
8.2.9	Ergebnisse der Prozesskettenanalyse für typische Anlagenbeispiele in Baden-Württemberg.....	203
8.3	Zusammenfassung aktueller Tendenzen in Baden-Württemberg.....	206
8.3.1	Marktsituation Alt- und Restholz.....	206
8.3.2	Pellets.....	207
8.4	Zusammenfassung.....	208
8.5	Quellen.....	209

1 Einleitung

M. WIETSCHEL

Das Leitbild einer Nachhaltigen Entwicklung ist heute weitgehend akzeptiert. Die Umweltpolitik steht jedoch vor der Herausforderung, die Umsetzung der Leitidee einer Nachhaltigen Entwicklung in verschiedenen Handlungsfeldern durch Setzung des Ordnungsrahmens gezielt zu fördern. Das Handlungsfeld einer Nachhaltigen Energieversorgung ist dabei von besonderem Interesse, weil viele der heute akuten Umweltprobleme, wie der Treibhauseffekt, die Ressourcenschonung, der Saure Regen oder die bodennahe Ozonbelastung, mit der Umwandlung von Energie in Verbindung gebracht werden. Weiterhin finden in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland - aber auch weltweit - zur Zeit in Folge der eingeleiteten Liberalisierung bei der Strom- und Gasversorgung einschneidende Umstrukturierungsprozesse statt. Die ehemals weitgehend geschützten Energieversorgungsunternehmen sehen sich einer verstärkten Wettbewerbssituation ausgesetzt. Dies kann auch dazu führen, dass der Umweltschutz an Stellenwert in den Unternehmen verliert und neue Formen der Regulierung, die dem geänderten Ordnungsrahmen angepasst sind, notwendig werden.

Vor diesem Hintergrund ist die Nutzung von regenerativen Energieträgern zur Strom- und Wärmeerzeugung eine Option, die vor allem im Zusammenhang mit der im Rahmen von Klimaschutzziele angestrebten Verringerung von CO₂-Emissionen sowie der Begrenztheit fossiler Ressourcen als besonders erfolgsversprechend angesehen wird. Allerdings besteht die Problematik, dass die Nutzung regenerativer Energieträger in vielen Anwendungsfällen gegenüber der konventionellen Energieerzeugung nicht konkurrenzfähig ist. Aus diesem Grund wird in der nationalen wie auch internationalen Energie- und Umweltpolitik häufig die Strategie der gezielten Förderung regenerativer Energieträger verfolgt. So strebt die Bundesregierung eine Verdoppelung des Anteils regenerativer Energien an der Elektrizitätserzeugung bis zum Jahre 2010 an. Auch die Europäische Kommission formuliert in ihrem White Paper zur Nutzung Erneuerbarer Energien die Zielsetzung einer Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien bis 2010 auf einen Anteil von 12% am gesamten Energieverbrauch. Damit stellt sich die Frage, wie regenerative Energieträger am effektivsten und effizientesten gefördert werden sollen und welchen Beitrag sie an der Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung leisten können.

Ausgehend von diesen Problemstellungen werden in dem vorliegenden Fachbuch verschiedene Themenkomplexe behandelt. Um überhaupt eine Bewertung des Beitrages von regenerativen Energieträgern an einer Nachhaltigen Energieversorgung vornehmen zu können, muss zuerst geklärt werden, welche Anforderungen sich aus der Nachhaltigkeitsdiskussion für die Energieversorgung ergeben. Die Herausforderung dabei ist, ausgehend von den unterschiedlich ethisch

Einleitung

motivierten Nachhaltigkeitsverständnissen eine grundlegende Interpretation einer Nachhaltigen Energieversorgung aufzustellen. Auf deren Basis sind dann sektorspezifische Problemfelder wie die Klimaveränderung durch energiebedingte Treibhausgase oder die Versorgungssicherheit zu identifizieren und zu quantifizieren. Darin schließt sich die Erhebung von Bewertungskriterien für anvisierte Anpassungsprozesse der Akteure - wie der verstärkten Nutzung von regenerativen Energieträgern zur Stromerzeugung oder bessere Wärmedämmmaßnahmen an Gebäuden – an. Um die Anpassungsprozesse zu initiieren, stehen umweltpolitische Instrumente wie eine Energiesteuer oder ein Zertifikatehandel zur Verfügung. Zu deren Abwägung im Rahmen einer Nachhaltigkeitsdiskussion sind Bewertungsmaßstäbe zu eruieren. Dieser Themenkomplex wird in Kapitel 2 übersichtsartig behandelt und in Kapitel 3 dahingehend vertieft, dass dort die verschiedenen umweltpolitischen Instrumente klassifiziert, kritisch gewürdigt werden und anschließend ein Kriterienraster entworfen wird, das zur Bewertung umweltpolitischer Instrumente herangezogen werden kann. Da der verstärkte Einsatz regenerativer Energieträger in Konkurrenz zu anderen Optionen für die Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung steht, werden in Kapitel 2 die verschiedenen Optionen kurz skizziert.

In Kapitel 4 werden einzelne regenerative Energieträger der Stromversorgung unter Nachhaltigkeitsaspekten diskutiert. Dazu werden die in Kapitel 2 herausgearbeiteten Problemfelder einer Nachhaltigen Energieversorgung - wie der Flächenverbrauch einzelner Erzeugungstechnologien - herangezogen und für die verschiedenen in der Bundesrepublik Deutschland relevanten regenerativen Energieträger und deren Umwandlungstechnologien diskutiert. Dann werden die drei zur Zeit im Zentrum der Diskussion stehenden umweltpolitischen Instrumente zur Förderung regenerativer Energieträger - das in der Bundesrepublik Deutschland implementierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), eine Quotenregelung sowie Grüne Angebote – hinsichtlich verschiedener (in Kapitel 3 herausgearbeiteter) Kriterien wie Grad der Zielerreichung oder Marktkonformität näher untersucht.

Im anschließenden 5. Kapitel erfolgt eine vertiefte Diskussion von Grünen Angeboten, die auf freiwilliger Basis eine Förderung von Strom aus regenerativen Anlagen ermöglichen. Dabei werden die Perspektiven Grüner Angebote sowie die aktuelle Situation am Markt über verschiedene empirische Erhebungen dargestellt und Problembereiche sowie zukünftige Handlungsfelder in diesem Segment aufgezeigt.

Um zu stärker quantitativen Aussagen zu gelangen, werden im folgenden 6. Kapitel über eine Energiesystemanalyse die Auswirkungen einer Förderung regenerativer Energieträger in der Stromerzeugung am Anwendungsbeispiel Baden-Württembergs erhoben. Baden-Württemberg bietet sich für eine derartige Analyse an, weil u.a. aufgrund des hohen Kernenergieanteils an der Stromerzeugung und des beschlossenen Ausstiegs aus der Kernenergie Umwälzungen in der Kraftwerksstruktur zu erwarten sind. Es erfolgt eine Darstellung der methodischen Basis, der Modellergebnisse sowie eine Identifikation der Auswirkungen eines solchen Förderansatzes.

Weiterhin werden Schlussfolgerungen bezüglich einer zukünftigen Ausgestaltung von Förderinstrumenten für regenerative Energieträger dargestellt.

Ebenfalls auf der Basis einer Energiesystemanalyse wird im sich anschließenden 7. Kapitel wiederum für Baden-Württemberg aufgezeigt, wie eine in sich konsistente Minderungsstrategie für Treibhausgase ausgestaltet werden kann, und welche Rolle hierbei die regenerativen Energieträger im Vergleich zu anderen Optionen spielen können. Die Minderungsstrategien für Treibhausgase werden dabei kombiniert mit Minderungsstrategien für SO_2 - und NO_x -Emissionen, die u.a. für den Sauren Regen bzw. im Falle von NO_x auch für die Überdüngung von Böden und Gewässern sowie die troposphärische Ozonbildung verantwortlich gemacht werden.

Im abschließenden 8. Kapitel erfolgt die Untersuchung der Nutzungsmöglichkeiten von Holz am Beispiel einer Prozesskettenbetrachtung als alternative Analysemöglichkeit zur Energiesystemplanung. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der sehr zahlreich umgesetzten Nutzung von Holz zur Wärmeerzeugung. Die Prozesskettenanalyse erfolgt auf Grundlage von existierenden Anlagen in verschiedenen Regionen von Baden-Württemberg. Dabei wird vor allem der im Vergleich zu anderen regenerativen Energieträgern relevante Bereich der Holzbereitstellung und Ascheentsorgung näher beleuchtet.

2 Zur Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung

M. WIETSCHEL, N. ENZENSBERGER, M. DREHER

2.1 Vorgehensweise zur Entwicklung einer nachhaltigen Umweltpolitik

Im Folgenden wird eine Vorgehensweise skizziert, wie ausgehend von einem abstrakten Nachhaltigkeitsbegriff über eine sukzessive Konkretisierung dieses Leitbilds Empfehlungen hinsichtlich einer geeigneten Politikgestaltung abgeleitet werden können¹. Die Schrittfolge besteht im Wesentlichen aus acht Schritten. Dieses in Abbildung 1 grafisch dargestellte Vorgehensschema soll zunächst allgemein vorgestellt werden, bevor es in den nachfolgenden Unterkapiteln hinsichtlich der Implementierung einer Nachhaltigen Energieversorgung diskutiert wird.

Für die Bestimmung des Nachhaltigkeitsbegriffs existieren verschiedene theoretische Konzepte, die sich vor allem hinsichtlich der berücksichtigten Dimensionen wie Ökologie, Ökonomie und Soziales sowie den Forderungen hinsichtlich einer inter- und/oder intragenerativen Gerechtigkeit unterscheiden. Die erste Entscheidung in der Nachhaltigkeitspolitikgestaltung ist damit die Entscheidung für ein bestimmtes Nachhaltigkeitsverständnis, das dann im Folgenden die normative Grundlage für alle weiteren Schritte darstellt.

Der so determinierte Nachhaltigkeitsbegriff ist auf ein konkretes Aktionsfeld, in der Regel einen konkreten Wirtschaftssektor, zu übertragen. Es ist ein sektorspezifisches Leitbild zu erarbeiten, das für den betrachteten Sektor die relevanten Problembereiche entlang der durch das gewählte Konzept festgelegten Dimensionen aufzeigt. Dieses zunächst in der Regel noch relativ abstrakte Leitbild ist im nächsten Schritt bezüglich einzelner Problemfelder weiter zu differenzieren. Problemfelder beschreiben einzelne, relevante Teilaspekte eines Problembereichs (z.B. Klimaschutz als Unterpunkt des Problembereichs/Dimension Ökologie). Auch die Auswahl der im Folgenden zu betrachtenden Problemfelder ist ein wesentlicher Teil des politischen Entscheidungsprozesses.

Für die einzelnen Problemfelder sind sogenannte Indikatoren zu definieren, quantitative Kennzahlen, die eine problemrelevante Beschreibung des Ist- bzw. Soll-Zustands in den einzelnen

¹ Diese Vorgehensweise wurde im Rahmen einer Studie für das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag entwickelt (siehe [Rentz et al. 2001]). Verwiesen wird auch auf [Enzensberger et al. 2001] und [Wietschel et al. 2002].

Problem Bereichen gestatten. Die Festlegung von Soll-Werten für die einzelnen Indikatoren stellt dann einen der zentralen Schritte in der Entwicklung einer jeden Nachhaltigkeitspolitik dar. Ohne klare Zielwerte ist es kaum möglich, eine zielgerichtete Planung bzw. eine Erfolgskontrolle vorzunehmen.

Für die Ausrichtung des bestehenden Wirtschaftssystems an dem so entwickelten Zielsystem bedarf es geeigneter Strategien. Unter Strategien sollen hier alle zur Zielerreichung angestrebten technisch-organisatorischen Veränderungsprozesse im betrachteten Wirtschaftssektor verstanden werden (z.B. der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung).

Umwelt- und energiepolitische Instrumente (z.B. Grenzwerte) dienen als politische Gestaltungsoptionen der Initiierung gewünschter Veränderungsprozesse. Die Strategie legt somit fest, in welcher Weise sich das bestehende System ändern soll, das Instrument beschreibt die Art des Eingriffs, der vorgenommen wird, um diese Veränderung zu unterstützen bzw. zu gewährleisten. Zur besseren Abgrenzung sollen Instrumente, zu denen die jeweiligen Ausgestaltungsmerkmale im Detail formuliert wurden, im Folgenden als Maßnahmen bezeichnet werden. Diese sind schließlich zu in sich konsistenten Maßnahmenbündeln zusammenzufassen.

Verschiedene der hier zunächst nur kurz dargelegten Schritte werden in den folgenden Unterkapiteln detaillierter beschrieben. Hierbei ist zu beachten, dass auf jeder dieser Ebenen Auswahlprozesse stattfinden, die die nachfolgenden Schritte jeweils determinieren: Entscheidung für bzw. gegen ein bestimmtes Nachhaltigkeitsverständnis, Auswahl/Formulierung von Managementregeln, Problemfeldern und Indikatoren, Festlegung von alternativen Zielwerten, Selektion zwischen verschiedenen Strategieansätzen, Instrumenten und Maßnahmen. Dieser sich sukzessiv weiter konkretisierende Entscheidungs- bzw. Auswahlprozess erfordert stets eine Abwägung unterschiedlicher Zielsetzungen und/oder Kriterien. Grundlage der Entscheidung stellt dabei zum großen Teil das Wertesystem der jeweiligen Entscheidungsträger dar. Eine allgemeingültige, rein an wissenschaftlich-objektiven Kriterien herbeigeführte Ableitung geeigneter Strategien und Instrumente zur Implementierung einer Nachhaltigen Energieversorgung kann es somit nicht geben. Allerdings kann diesbezüglich ein breiterer gesellschaftlicher Konsens herbeigeführt werden.

Zur Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung

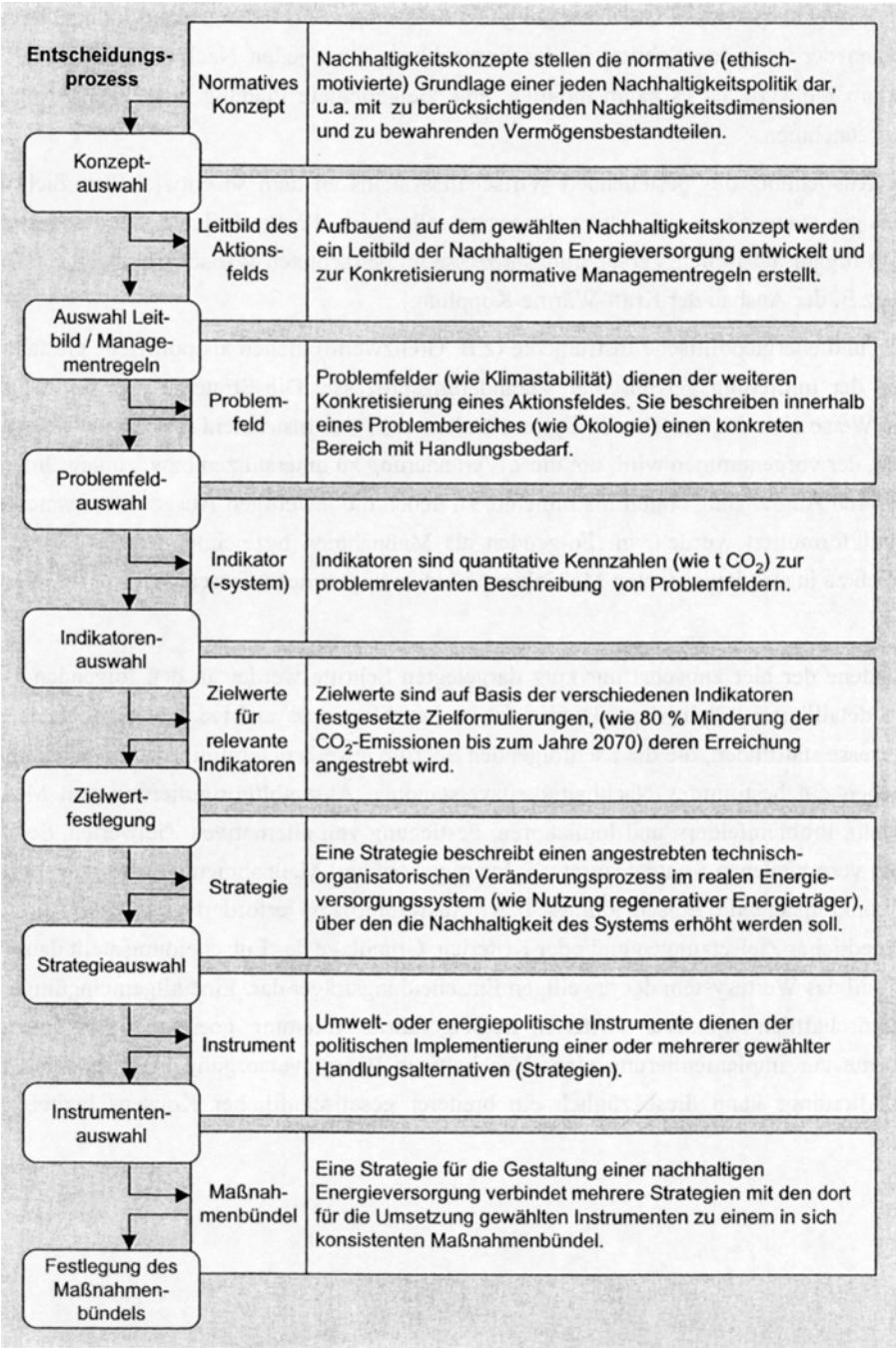


Abbildung 1: Vorgehensweise zur Ableitung von Politikempfehlungen zur Implementierung einer Nachhaltigen Entwicklung am Beispiel der Energieversorgung

2.1.1 Normative Nachhaltigkeitskonzepte im Überblick

In ihrem 1987 veröffentlichten Abschlussbericht „Our Common Future“² definiert die Brundtland-Kommission Nachhaltige Entwicklung als eine Entwicklung, die es gestattet, die Bedürfnisse der Gegenwart zu befriedigen, ohne die Fähigkeit zukünftiger Generationen, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen, zu beeinträchtigen. Letztlich fordert diese Umschreibung einer Nachhaltigen Entwicklung die treuhänderische Nutzung und besonders auch Bewahrung der uns zur Verfügung stehenden Lebensgrundlage („Vermögen“ im weitesten Sinn) für nachkommende Generationen³.

Während diese Definition der Brundtland-Kommission den Vorteil besitzt, in weiten Teilen der Wirtschaft, Politik und Gesellschaft konsensfähig zu sein, gestattet ihre wenig präzise Formulierung⁴ vielfältige Interpretationen, die wiederum eine Diskussion um konkrete Maßnahmen zur Umsetzung dieses Leitbildes erschweren.

Zur aktuellen Bestimmung des Nachhaltigkeitsbegriffs mit dem Ziel einer stärkeren Operationalisierung, um Handlungsempfehlungen treffen zu können, spielt das Verständnis vom Erhalt des zu bewahrenden Vermögens eine entscheidende Rolle. Das Vermögen lässt sich nach Naturkapital in Form von natürlichen Ressourcen und Umweltqualitätsstandards, nach Sachkapital in Form von Produkten und Anlagen sowie intangible Ressourcen wie z.B. Wissen und weiteren wie z.B. Human- und/oder Sozialkapital differenzieren.

Das Konzept der schwachen Nachhaltigkeit (weak sustainability)⁵ legt die Annahme einer Substituierbarkeit zwischen Natur- und menschengeschaffenem Sachvermögen zugrunde. Konkret bedeutet dies, dass beispielsweise ein irreversibler Verbrauch von Naturvermögen durch den Aufbau von zusätzlichem Sachvermögen (z.B. Wissen, Technologien) ausgeglichen werden kann.

Verfechter einer strikten Nachhaltigkeit (strong sustainability)⁶ lehnen eine solche Substituierbarkeit des Naturvermögens durch menschengeschaffenes Sachvermögen ab, da ihrer Ansicht nach eine Nachhaltige Entwicklung die Bewahrung des Naturvermögens voraussetzt, weil für

² Vgl. [WCED 1987, S. 43].

³ Die [Enquête-Kommission 1998, S. 31], zitiert hierzu das [BMU 1997]: „Menschliches Leben und Wirtschaften ist an einem Punkt angelangt, an dem es Gefahr läuft, sich seiner eigenen natürlichen Grundlagen zu berauben“.

⁴ Vgl. [Schubert 1998, S. 391].

⁵ Geht im Wesentlichen auf [Solow 1974] und [Hartwick 1977] zurück.

⁶ Wie sie im Wesentlichen von Pearce und seiner „Londoner Schule“ begründet wurde, vgl. [Hoffmann et al. 2000].

Zur Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung

diese keine funktionsäquivalenten anthropogenen Substitute existieren⁷. Letztendlich hieße das zum Beispiel, dass nicht-erneuerbare Ressourcen generell nicht mehr genutzt werden dürften.

Ausgehend von diesen beiden Extremen wurden verschiedene weitere Konzepte entwickelt, die versuchen, eine Verbindung zwischen diesen beiden genannten Konzepten herzustellen. Ein solcher Ansatz ist das Konzept kritischer Bestandsniveaus im Naturvermögen⁸. Hier wird zwar prinzipiell von einer gegebenen Substituierbarkeit des Naturvermögens durch menschengeschaffenes Sachvermögen ausgegangen, jedoch nur soweit wie dabei zuvor festgeschriebene kritische Niveaus einzelner Bestandteile des Naturvermögens nicht unterschritten werden. Auch hier ist im Sinne der ‚weak sustainability‘ eine Wahrung oder Mehrung des Gesamtvermögens gefordert.

Neben der von ethischen Wertevorstellungen geprägten Diskussion um die intergenerative Gerechtigkeit, wird in einigen Nachhaltigkeitskonzepten auch eine Diskussion um eine intragenerative Gerechtigkeit geführt. Dabei werden u.a. Fragen zu weltweit gleichen Nutzungsrechten an Ressourcen, der Reduktion der Umweltbelastungen durch die Industrieländer oder der Anpassung der wirtschaftlichen Lebensverhältnisse erörtert. Weiterhin ist die Frage der Gewichtung der intra- zu intergenerativen Gerechtigkeit zu beantworten.

Oftmals wird der Begriff der Nachhaltigkeit auf die natürlichen Ressourcen und die Umwelt beschränkt (Ein-Säulen-Konzept). Ausgehend von der Kenntnis um Zielinterdependenzen zwischen ökologischen Zielen und ökonomischen sowie sozialen Zielen werden in einem erweiterten Nachhaltigkeitsansatz neben diesen zunächst erfassten ökologischen, auch ökonomische und soziale Kriterien als Bewertungsmaßstäbe für ein nachhaltiges Wirtschaften eingefordert⁹ (Drei-Säulen-Konzept). Dabei unterscheiden sich die Konzepte u.a. darin, ob sie diese drei Dimensionen gleichrangig gewichten¹⁰ oder der Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlage Vorrang eingeräumt wird.

Ob nun beispielsweise eine strikte oder schwache Nachhaltigkeit als zu realisierender Ansatz gewählt wird, ob eine intragenerative Gerechtigkeit auch anvisiert wird oder ob die Beschränkung auf die ökologische Dimension aufgehoben wird, unterliegt dem zugrundegelegten Wertesystem des Entscheidungsträgers.

Aufgrund der beschriebenen Problematik sowie der gesellschaftspolitischen Bedeutung gibt es Bestrebungen, den Begriff der Nachhaltigen Entwicklung „ähnlich wie die positiven und offenen

⁷ Vgl. [Endres et al. 1998, S. 296].

⁸ Wie es beispielsweise von [Endres et al. 1998] vorgeschlagen wird.

⁹ Was die Frage nach dem innovativen Ansatz einer Nachhaltigen Entwicklung aufwirft, denn in der klassischen Gesellschaftspolitik findet schon immer eine Abwägung widerstreitender Belange statt (siehe [Klemmer 1998]).

¹⁰ Vgl. [Enquête-Kommission 1998].

Begriffe Freiheit oder Gerechtigkeit als ‚regulative Idee‘ zu verstehen, für die es nur vorläufige und hypothetische Zwischenbestimmungen geben kann“¹¹.

Das Leitbild einer Nachhaltigen Entwicklung prägt ein neues Wissenschaftsverständnis in der Umweltökonomie, denn die traditionelle Umweltökonomie war weitgehend neoklassisch geprägt. Die neoklassische Wirtschaftstheorie basiert auf der Betrachtung von wirtschaftlichen Entscheidungen einzelner Individuen und billigt ihnen ein größtmögliches Maß an Entscheidungsfreiheiten zu (Konzept des Individualismus). Dabei wird ein egoistisches und rationales Handeln unterstellt, das auf dem Menschenbild des homo oeconomicus fußt. Hieraus resultiert ein Verständnis der Umweltpolitik, das in manchen Fällen ein Marktversagen eingesteht und zwar immer dann, wenn externe Effekte auftreten. Bei den für diese Fälle entwickelten klassischen Lösungsansätzen¹² gibt es keine Umweltethik. Gemäß dem Individualprinzip bildet nämlich die individuelle Wertschätzung den Maßstab für die Umweltnutzung, was dazu führen kann, dass auch eine deutliche Umweltbelastung als akzeptabel eingestuft wird, und staatliche Eingriffe werden auf ein Minimum beschränkt. Die fehlende Umweltethik sowie der fehlende Einbezug Betroffener (u.a. in Form künftiger Generationen) in der traditionellen Umweltökonomie sind mit der ethisch-motivierten Forderung nach einer intergenerationalen Gerechtigkeit, die innerhalb der Nachhaltigkeitsdiskussion aufgestellt wurde, nicht zu vereinbaren.

2.1.2 Definition des Leitbilds einer Nachhaltigen Energieversorgung

Zur Entwicklung und Bewertung von Nachhaltigkeitsstrategien im Energiesektor ist der oben eingeführte Begriff der Nachhaltigen Entwicklung auf den Energiesektor zu übertragen und weiter zu konkretisieren. In Abhängigkeit der normativen Ausrichtung führt dies jedoch zu deutlichen Unterschieden bei der Definition einer Nachhaltigen Energieversorgung. Eine weitgefasste Definition (allerdings ohne Einbezug einer intragenerativen Gerechtigkeit) kann eine Nachhaltige Energieversorgung als eine Energieversorgung beschreiben, die die Bedürfnisse der Gegenwart hinsichtlich zeitlich und räumlich bedarfsgerecht bereitgestellten Energiedienstleistungen wie Beleuchtung oder Raumwärme unter Beachtung einer begrenzten Belastbarkeit der Natur, begrenzter Ressourcen und der zentralen Bedeutung der Energieversorgung für ein wirtschaftliches Wachstum und sozialen Wohlstand zu befriedigen vermag. Im Sinne einer interge-

¹¹ [Enquête-Kommission 1998, S. 28].

¹² Um Suboptimalitäten aufgrund eines Marktversagens zu vermeiden, bedient sich die traditionelle Umweltökonomie zweier unterschiedlicher Konzepte zur Internalisierung externer Effekte: den Verhandlungslösungen auf Basis der Verteilung von Eigentumsrechten (nach Coase) und der Erhebung einer Umweltsteuer (nach Pigou, der sogenannten Pigou-Steuer).

Zur Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung

nerativen Gerechtigkeit ist weiterhin zu fordern, dass nachkommenden Generationen „eine mindestens gleichgroße technisch-wirtschaftlich nutzbare Energiebasis“¹³ erhalten bleibt, wie sie der jetzigen Generation zur Verfügung steht. Dies entspricht der Forderung nach dem zu wahrenen Gesamtvermögen.

Dieser Definition liegt der Ansatz zugrunde, dass im Rahmen eines erweiterten Nachhaltigkeitsverständnisses neben der Wirtschaftlichkeit, der Ressourcenschonung, der Umweltverträglichkeit und der sozialen Verträglichkeit die Versorgungssicherheit eine besondere Bedeutung für eine Nachhaltige Energieversorgung hat¹⁴.

Zur weiteren Konkretisierung des Begriffs einer Nachhaltigen Energieversorgung werden von verschiedenen Autoren sogenannte Grundanforderungen eines nachhaltigen Energieversorgungssystem postuliert bzw. Managementregeln für Akteure und politische Entscheidungsträger formuliert.¹⁵ Die verschiedenen Managementregeln, erweitert um eigene Vorschläge, lassen sich dabei fünf Problembereichen zuordnen:

Versorgungsstandard

Die Energiebereitstellung muss in so ausreichender Menge erfolgen, dass eine Förderung der Wohlfahrt der Bevölkerung und die Sicherstellung der physischen Existenzbedingungen eines jeden Einzelnen nicht am Energiemangel scheitert.

Die Bereitstellung der Energiedienstleistungen soll zeitlich und räumlich bedarfsgerecht, d.h. an die Lebensgewohnheiten und Bedürfnisse der Menschen angepasst erfolgen.

Die Versorgungssicherheit ist auf Dauer und unter sich eventuell verändernden Rahmenbedingungen zu gewährleisten.

Ressourcenmanagement

Zur Wahrung der Nutzungsoptionen nachkommender Generationen ist eine Schonung begrenzter Ressourcen erforderlich.

Ein Abbau natürlicher sich nicht selbst erneuernder Ressourcen ist durch die Erschließung neuer, gleichwertiger Alternativen auszugleichen.

Die Nutzung erneuerbarer Ressourcen darf deren Regenerationsfähigkeit nicht übersteigen.

¹³ Vgl. [Voß 2000, S. 127].

¹⁴ In [Voß 2000] werden als Grundanforderungen Versorgungssicherheit, soziale Verträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit genannt.

¹⁵ Vgl. z.B.[UNESC 2000], [Voß 2000], [Eichelbrönnner/Henssen 1997], [Hillerbrand 1998], [Forum 2000].

Zur Gestaltung einer Nachhaltigen Energieversorgung

Das Ziel eines minimalen Ressourcenabbau impliziert die Forderung einer größtmöglichen technischen Effizienz bei der Energieumwandlung und –nutzung.

Umweltschutz

Ein Energieversorgungssystem darf das Artengleichgewicht (Fauna und Flora) nicht beeinträchtigen.

Stoffeinträge in die Natur dürfen die Aufnahmefähigkeit der Umweltmedien nicht übersteigen oder die natürliche Regenerations- und Anpassungsfähigkeit gefährden. Dies gilt auch für thermische Belastungen aus der Energieumwandlung.

Abfallstoffe sollten soweit möglich in die Nutzung zurückgeführt werden. Eine u. U. notwendige Deponierung oder sonstige (End-)Lagerung von Reststoffen muss so erfolgen, dass hieraus keine Gefahren für zukünftige Generationen entstehen.

Wirtschaftlichkeit

Um eine Energieversorgung bei geringen Kosten (d.h. geringstmöglicher Inanspruchnahme knapper Ressourcen) und einer geringen Belastung der Volkswirtschaft sicherzustellen, ist eine hohe wirtschaftliche Effizienz der Energiesysteme anzustreben.

Die Inanspruchnahme knapper Ressourcen ist bei einer Technologiebeurteilung über Vollkosten zu berücksichtigen. Vollkosten beinhalten hier auch die Internalisierung externer Effekte.

Die Forschung und Entwicklung in den Unternehmen und in Forschungseinrichtungen sollten mit technischen Innovationen und Optimierungen einen Beitrag zu einer höheren Effizienz der Energieversorgung leisten.

Berücksichtigung sozialer und politischer Aspekte

Im Sinne einer hohen sozialen Verträglichkeit sollte ein Energieversorgungssystem jedem Menschen den Zugang zu notwendigen Energiedienstleistungen ermöglichen. Soziale Gerechtigkeit erfordert ferner, dass dies zu einem Preis geschieht, der dem Zahlungsvermögen des jeweiligen Individuums angemessen ist.

Energieversorgungssysteme sind risikoarm und mit hoher Fehlertoleranz zu konzipieren. Zudem ist eine lokale und zeitliche Begrenzung schwerer Auswirkungen etwaiger Störfälle sicherzustellen. Dies sollte auch im Falle mutwilliger Zerstörung (z.B. Krieg) gelten.