

# Leitlinien für eine nachhaltige Energieversorgung

## Nachhaltigkeit und Energieversorgung

Die Suche nach Zielen, Kriterien und Strategien für die Entwicklung der Menschheit ist aufgrund zunehmender Herausforderungen zu einem beherrschenden Thema in den Wissenschaften, der Politik und der Öffentlichkeit geworden.

Der Begriff „nachhaltige Entwicklung“ prägt die Diskussionen, wenn es um einen schonenden Umgang mit unserer natürlichen Umwelt, um eine gerechtere Verteilung des Wohlstands und um eine humane Gestaltung der Lebensgrundlagen für alle Menschen geht. Definiert ist Nachhaltigkeit durch die UN-Kommission für Umwelt und Entwicklung (nach ihrer damaligen Vorsitzenden auch Brundtland Kommission genannt) im Jahr 1987:

**„Nachhaltige Entwicklung befriedigt die Bedürfnisse der heutigen Generation, ohne die Fähigkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihre eigenen Lebensstile zu wählen.“**

Die Frage der Energieversorgung spielt für eine nachhaltige Entwicklung eine zentrale Rolle. Ihre Verfügbarkeit und die Art ihrer Nutzung wirkt sich praktisch in allen Bereichen des sozialen, ökonomischen, ökologischen und politischen Handelns aus, beeinflusst den Zustand von Umwelt und Klima und hat starken Einfluss auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit eines Landes. Vielfach entscheidet sie auch über ein friedliches oder konfliktbelastetes Zusammenleben von Völkern.

Die Energienutzung ist nachhaltig, wenn sie auf einer ausreichenden und dauerhaften Verfügbarkeit von geeigneten Energieressourcen basiert und zugleich die negativen Auswirkungen von Energiebereitstellung, -transport und -nutzung begrenzt.

## Leitlinien und Handlungsanweisungen

Um das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung praktisch umsetzen zu können, bedarf es konkreter Leitlinien und Handlungsanweisungen.

Aufbauend auf Vorschlägen nationaler und internationaler Organisationen zur Konkretisierung des Nachhaltigkeitsbegriffs wurden im Rahmen des von der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungseinrichtungen (HGF) geförderten Verbundprojekts „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ auch energiespezifische Leitlinien definiert (Tab. 1), die als Orientierung für die Entwicklung energiepolitischer Handlungsstrategien dienen. Dem Verständnis von Nachhaltigkeit entsprechend sind diese Leitlinien als Mindestanforderung an eine nachhaltige Entwicklung zu verstehen:

Dr. Wolfram Krewitt  
DLR  
wolfram.krewitt@dlr.de

Dr. Joachim Nitsch  
DLR  
joachim.nitsch@dlr.de

Dr. Ole Langniß  
ZSW  
ole.langniss@zsw-bw.de

Dr. Manfred Fishedick  
Wuppertal Institut  
manfred.fishedick@wupperinst.org

*Tabelle 1  
Leitlinien für eine  
weltweit nachhaltige  
Entwicklung [1]*

- (1) **Zugang für alle und Verteilungsgerechtigkeit:** Für alle Menschen sind vergleichbare Chancen des Zugangs zu Energieressourcen und zu Energiedienstleistungen zu gewährleisten.
- (2) **Ressourcenschonung:** Kommenden Generationen ist die Nutzungsmöglichkeit für die verschiedenen Energieressourcen offen zu halten oder es müssen vergleichbare Optionen der Bereitstellung von Energiedienstleistungen geschaffen werden.
- (3) **Umwelt-, Klima- und Gesundheitsverträglichkeit:** Die Anpassungs- und Regenerationsfähigkeiten natürlicher Systeme (der Umwelt) dürfen durch energiebedingte Emissionen und Abfälle nicht überschritten werden. Gefahren für die menschliche Gesundheit – etwa durch Akkumulation problematischer Schadstoffe – sind zu vermeiden.
- (4) **Soziale Verträglichkeit:** Bei der Gestaltung von Energieversorgungssystemen ist zu gewährleisten, dass allen Betroffenen die Teilhabe an den jeweiligen Entscheidungsprozessen möglich ist. Die Handlungs- und Gestaltungsspielräume von wirtschaftlichen Akteuren bzw. von Gemeinwesen dürfen durch diese Systeme nicht eingeengt werden, sondern sind möglichst zu erweitern.
- (5) **Risikoarmut und Fehlertoleranz:** Die bei der Energieerzeugung und -nutzung unvermeidlich auftretenden Risiken und Gefahren sind zu minimieren sowie in ihrer räumlichen und zeitlichen Ausdehnung zu begrenzen. Bei ihrer Bewertung sind auch fehlerhaftes Verhalten, unsachgemäße Handhabung, mutwillige Zerstörung und Missbrauchsmöglichkeiten zu berücksichtigen.
- (6) **Umfassende Wirtschaftlichkeit:** Energiedienstleistungen sollen – in Relation zu anderen Kosten des Wirtschaftens und des Konsums – zu vertretbaren Kosten bereitgestellt werden. Das Kriterium der „Vertretbarkeit“ bezieht sich dabei zum einen auf die im Zusammenhang mit der Energieerzeugung oder -nutzung entstehenden einzelwirtschaftlichen Kosten, zum anderen bezieht es sich auch auf die gesamtwirtschaftlichen Kosten unter Berücksichtigung der externen ökologischen und sozialen Kosten.
- (7) **Bedarfsgerechte Nutzungsmöglichkeit und dauerhafte Versorgungssicherheit:** Die zur Befriedigung von Bedürfnissen erforderliche Energie muss dauerhaft, in ausreichender Menge sowie zeitlich und räumlich bedarfsgerecht zur Verfügung stehen. Dies verlangt eine hinreichend diversifizierte Energieversorgung, um auf Krisen reagieren zu können und um Handlungsspielräume für die Zukunft zu erhalten bzw. zu vergrößern. Auch sind leistungsfähige und flexible Versorgungsstrukturen zu schaffen und aufrecht zu halten, die gut mit den bestehenden Siedlungsstrukturen harmonieren.
- (8) **Internationale Kooperation:** Die Weiterentwicklung von Energiesystemen soll durch Verknappung von Ressourcen bedingte Konfliktpotenziale zwischen Staaten vermindern bzw. beseitigen und ihre friedliche Kooperation durch gemeinsame Nutzung der jeweiligen Fähigkeiten und Potenziale fördern.

Misst man die heutige Energieversorgung an diesen Leitlinien, so lassen sich leicht die wesentlichen Nachhaltigkeitsdefizite erkennen, die den dringenden Handlungsbedarf aufzeigen:

- Der übermäßige Verbrauch begrenzter fossiler Rohstoffe führt inzwischen zu spürbaren wirtschaftlichen, sozialen und auch geopolitischen Verwerfungen.
- Der Ausstoß von Klimagasen ist mitverantwortlich für die sich abzeichnende globale Klimaveränderung. Die Industrieländer sind für rund 90% der bis heute durch den Energieeinsatz entstandenen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Das starke wirtschaftliche Wachstum der Schwellenländer führt zu weiteren deutlichen Anstiegen.
- Die Entwicklungschancen sind global sehr unterschiedlich verteilt. In den ärmsten Ländern der Welt muss die Bevölkerung pro Kopf mit einem Dreißigstel der Energie eines Nordamerikaners auskommen. Nach wie vor haben rund 2 Milliarden Menschen auf der Erde keinen Zugang zu elektrischer Energie, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Bildungs- und Entwicklungschancen.
- Die Kernenergienutzung bringt Risiken mit sich durch die Möglichkeit eines Kernschmelzunfalls, durch die notwendige Behandlung und dauerhafte Lagerung von Abfallstoffen und durch Proliferation. Die gegenwärtige Iran-Krise zeigt, wie schnell ein Konflikt um die Atomenergienutzung die Weltgemeinschaft an die Schwelle einer militärischen Auseinandersetzung führen kann.

## Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung

Auch wenn im Detail Interpretationsspielräume bestehen, so können aus der Analyse der bestehenden Nachhaltigkeitsdefizite prinzipielle Schlüsse gezogen werden:

- Die zukünftige Energieversorgung darf sich nicht weiterhin beinahe ausschließlich auf fossile und nukleare Energieträger stützen.
- Um den acht Leitlinien einer nachhaltigen Energieversorgung möglichst nahe zu kommen, ist eine deutlich effizientere Energie-

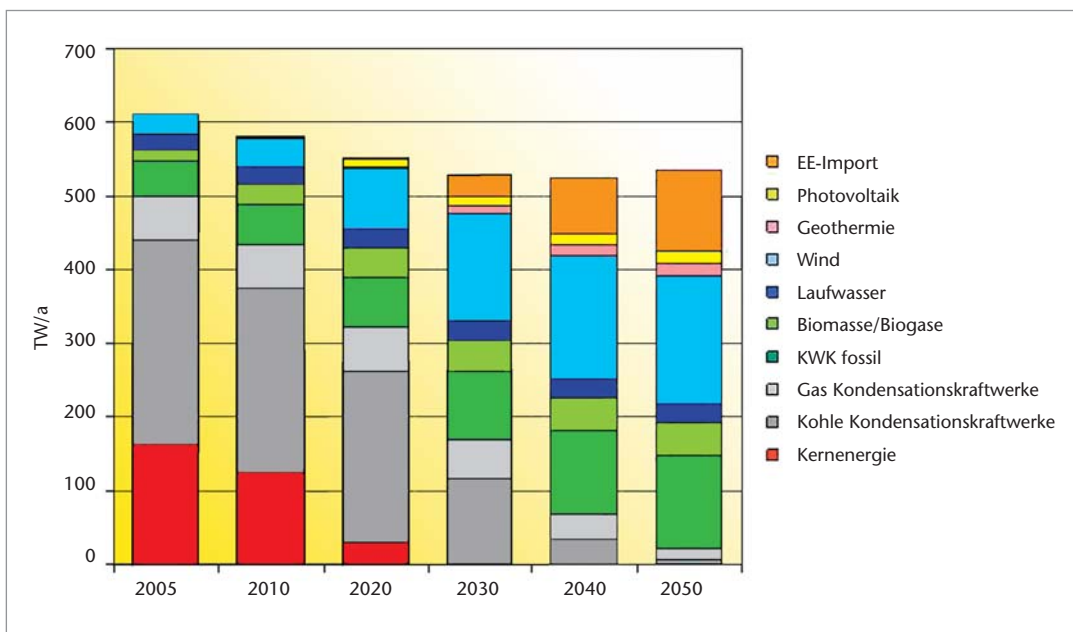
nutzung aller Energieträger und die Substitution endlicher Energieressourcen durch Energien aus natürlichen Energieströmen notwendig.

Es hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass nur eine deutliche Steigerung des Beitrags erneuerbarer Energien im Verbund mit der Effizienzsteigerung die Chance bietet, in einen nachhaltigen Energiepfad einzuschwenken (vgl. auch die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung [5]). Dank intensiver Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten stehen uns inzwischen Technologien zur Verfügung, mit denen aus erneuerbaren Energiequellen Energiedienstleistungen auf einem Niveau angeboten werden können, wie wir es von der fossilnuklearen Energieversorgung gewohnt sind. Auch die Kosten hierfür sind zunehmend erschwinglich, insbesondere dann wenn diese Technologien in großem technischem Maßstab eingesetzt und dabei alle Kostensenkungspotenziale ausgeschöpft werden. Erneuerbare Energien bieten einen Ausweg aus stetig steigenden Rohstoffpreisen und Klimaschutzkosten.

Ein besonderes Kennzeichen ist die große Vielfalt der möglichen Energiequellen und -technologien, die in einem Leistungsbereich von wenigen Watt bis zu Hunderten von Megawatt eingesetzt werden können. Dadurch können sie an jegliche Art der erforderlichen Energiedienstleistung angepasst und in enger Verzahnung mit modernen Anlagen konventioneller Energietechniken zur Nutzung fossiler Energien eingesetzt werden.

Einen besonderen Beitrag kann der Ausbau erneuerbarer Energien für den Klimaschutz leisten. Um die Auswirkungen des Klimawandels in akzeptablen Grenzen zu halten, ist eine Stabilisierung der globalen CO<sub>2</sub>-Konzentration bei 450 ppm notwendig. Es ist ein wesentliches Nachhaltigkeitsziel der Bundesregierung, bis zur Mitte dieses Jahrhunderts die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80% (gegenüber 1990) zu reduzieren. Ein an diesem Ziel orientiertes Langfristszenario, das von Nitsch et al. [3] für das Bundesumweltministerium entwickelt wurde, zeigt, dass eine konsequente Effizienzstrategie bis 2050 eine Reduktion des Primärenergieverbrauchs auf nahezu die Hälfte

Abbildung 1  
Entwicklung der  
Stromerzeugungsstruk-  
turen in dem Szenario  
NaturschutzPlus  
(aktualisiert [3])



gegenüber 2005 bewirkt. Dies erleichtert, den erneuerbaren Energien einen maßgeblichen Beitrag zur Energieversorgung bilden zu können, wie in *Abb. 1* beispielhaft für den Stromsektor dargestellt.

Folgen andere Länder dieser Strategie, können neben den heimischen erneuerbaren Energiequellen auch ausländische kostengünstige Ressourcen genutzt werden. Mit erneuerbaren Energien können viele der heutigen Entwicklungsländer im Sonnengürtel der Erde zu Energielieferanten werden [4]. Durch die gemeinsame Nutzung der jeweiligen Fähigkeiten und Potenziale geben solche Energiepartnerschaften neue Impulse für eine friedliche Kooperation zwischen dem „Norden“ und dem „Süden“.

## Forschung und Entwicklung als Wegbereiter für eine nachhaltige Energieversorgung

Der oben skizzierte Weg in eine nachhaltige Energieversorgung ist mit Herausforderungen an die Gesellschaft verbunden, die nur mit technischen und sozialen Innovationen zu bewältigen sind. Grundlegende Voraussetzung für einen Entwicklungspfad, wie er in dem oben dargestellten Szenario beschrieben wird, ist die Umsetzung neuer Energietechnologien aus dem

Labor in die Marktreife, die sukzessive Verbesserung technischer Parameter, und die Ausschöpfung der Potenziale zur Kostenreduktion.

*Abb. 2* zeigt am Beispiel der Photovoltaik, wie durch technisches Lernen die Kosten für eine Schlüsseltechnologie zur Nutzung erneuerbarer Energien über Jahrzehnte hinweg kontinuierlich bis in den Bereich der Wirtschaftlichkeitsschwelle gesenkt werden konnten. Wichtige Voraussetzung für das Durchlaufen einer solchen Lernkurve ist das Zusammenspiel von grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung auf der einen und rechtzeitigen Anreizen für eine Marktentwicklung auf der anderen Seite. Aber auch ein langer Atem und die Bereitschaft, die notwendigen Vorleistungen zu tragen, gehören dazu – die gerechte Verteilung von Kosten und Nutzen über Generationsgrenzen hinweg ist ein wichtiger Aspekt nachhaltiger Entwicklung.

Zu den Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung gehört auch die Erhaltung und Verbesserung des Human- und Wissenskapitals. Denn das wesentliche Ziel von Wissensgenerierung für eine nachhaltige Entwicklung liegt im Erwerb von Gestaltungskompetenz, wozu insbesondere die Fähigkeit zu vorausschauendem und vernetzten Denken sowie zur distanzierten Reflexion von Leitbildern gehört [2]. Zu den Kriterien einer am Nachhaltigkeitsbild orientierten Forschungs- und Technologiepolitik gehören:

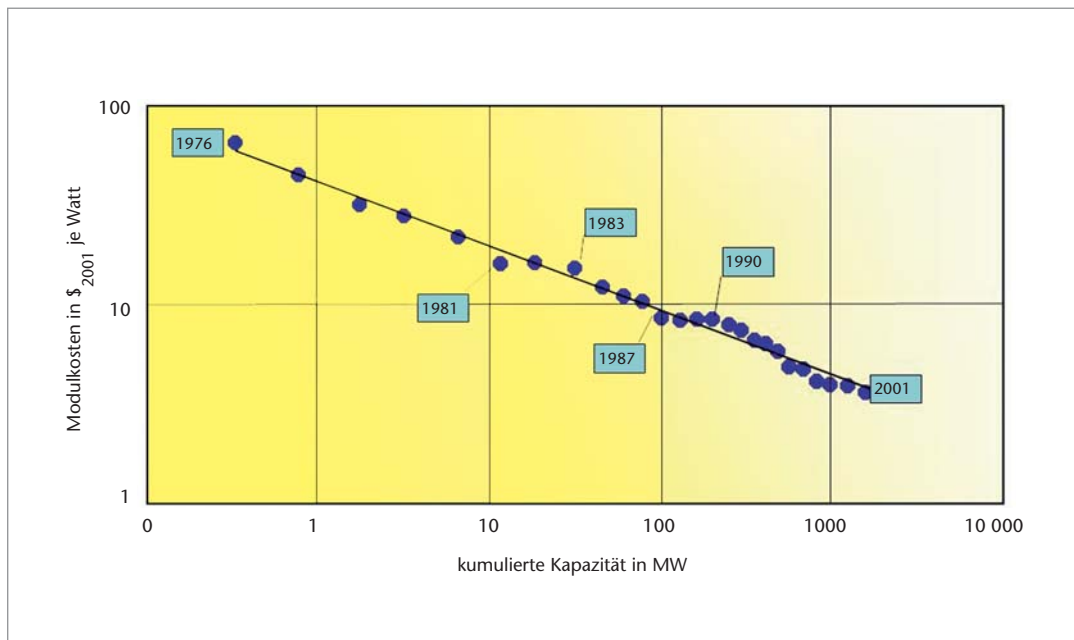


Abbildung 2  
Lernkurve für Photo-  
voltaik-Module

- problemorientierte Interdisziplinarität
- Verknüpfung von grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung und
- die Orientierung an gesellschaftlichen Bedürfnissen.

Mit seinen Zielen und den Kooperationsstrukturen eines dezentralen Forschungsnetzwerks geht der Forschungsverbund Sonnenenergie auf diese Anforderungen ein und trägt durch die Forschung in allen Bereichen erneuerbarer Energien dazu bei, dem Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung schrittweise näher zu kommen.

## Literatur

- [1] Kopfmüller, J., Coenen, R., Jörisen, J., Langniß, O., Nitsch, J. (2000): Konkretisierung und Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltige Entwicklung für das Aktivitätsfeld Energie. Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 6578. Karlsruhe
- [2] Kopfmüller, J., Brandl, V., Jörisen, J., Paetau, M., Banse, G., Coenen, R., Grunwald, A. (2001): Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Edition sigma, Berlin
- [3] Nitsch, J., Krewitt, W., Peht, M., Reinhardt, G., Fishedick, M. u.a. „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland.“ Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 901 41 803). DLR, ifeu, WI, Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal, März 2004. <http://www.bmu.de/erneuerbare/energien/doc/5650.php>
- [4] Trieb, F., et al. (2006): Trans-Mediterranean interconnection for concentrating solar power <http://www.dlr.de/tt/institut/abteilungen/system/projects/Stk/TRANS-CSP/>
- [5] Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, Kabinettsbeschluss vom 10. August 2005