

Erneuerbare Energien lösen die Nachhaltigkeitsdefizite der Energieversorgung¹

Manfred Fishedick (Wuppertal-Institut), Joachim Nitsch (DLR Stuttgart)

Auf der Rio+10-Konferenz, die im August diesen Jahres in Johannesburg stattfindet, wird weltweit eine erste Bilanz gezogen, welche Schritte in Richtung einer nachhaltigeren Entwicklung bisher erfolgreich gemacht werden konnten. Auch die Energieversorgung steht dabei auf dem Prüfstand. Die Bilanz wird eher ernüchternd ausfallen, da nach wie vor die vier wesentlichen **Nachhaltigkeitsdefizite** der globalen Energieversorgung unübersehbar sind:

1. Die **globale Klimaerwärmung**: In der wissenschaftlichen Debatte bezweifelt heute kaum noch jemand, dass die Klimaerwärmung überwiegend mit der Nutzung fossiler Energieträger verknüpft ist. Allerdings wird die Dringlichkeit, der Klimaveränderung entgegenzuwirken, in der internationalen Energiepolitik sehr unterschiedlich gesehen.
2. Die **Verknappung und Verteuerung der Reserven von Erdöl und Erdgas**: Sie stehen heute weniger im Blickwinkel von Politik und Öffentlichkeit, obwohl der „depletion mid-point“ beim Erdöl – also der Zeitpunkt bei dem das weltweite Fördermaximum erreicht wird – bereits in 15 bis 20 Jahren erwartet wird. Hinzu kommt, dass sich die verbleibenden Quellen zunehmend auf wenige, politisch sensible Weltregionen konzentrieren. Schon bald werden mehr als 80% der globalen Reserven an Erdöl auf den Nahen und Mittleren Osten und Russland entfallen.
3. Die **nukleare Gefährdung**: Hier bestehen sehr unterschiedliche Positionen hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit großer Unfälle, ihrer Beherrschbarkeit und ihrer Folgen. Auch über Ausmaß und Zeitdauer der radioaktiven Belastungen bei Betrieb und Entsorgung herrscht Uneinigkeit. Weitgehend Konsens scheint es aber darin zu geben, dass die Kernenergie weltweit allenfalls einen begrenzten Beitrag zur klimaverträglichen Energieversorgung leisten kann.
4. Das **extrem starke Gefälle des Energieverbrauchs zwischen Industrie- und Entwicklungsländern**: Es hat sich in den letzten zehn Jahren praktisch nicht verringert. Derzeit verbrauchen 21% der Weltbevölkerung in den Industrieländern 70% der konventionellen Energieressourcen. Am untersten Ende der Skala steht die Gruppe der gering entwickelten Länder mit 33% der Weltbevölkerung und nur 4% des kommerziellen Energieverbrauchs; rund 2 Mrd. Menschen haben auch heute noch keinen Zugang zu Elektrizität. Ein auch nur tendenzieller Ausgleich dieser Unterschiede verschärft die drei erstgenannten Nachhaltigkeitsdefizite, wenn nicht **gleichzeitig** dort überproportional der Einsatz fossiler und nuklearer Energien reduziert wird, wo er besonders hoch ist. Die Verteilungsfrage ist auch wegen der finanziellen und ökologischen Folgelasten des Klimawandels von großer Bedeutung. Die potentielle Konfliktverschärfung besteht darin, dass die am stärksten von den Folgen möglicher Klimaänderungen betroffenen Regionen wahrscheinlich solche sein werden, die am we-

¹ Erschien unter der Überschrift: „Frieden schaffen mit Wind, Wasser und Sonne.“ in gekürzter Form in der Süddeutschen Zeitung Nr. 191 vom 20.8.2002; S. 17.

nigsten zu ihrer Verursachung beigetragen haben oder die diesen Folgen am wenigsten mit technischen und finanziellen Mitteln entgegenwirken können.

Mit Energieszenarien, die in sich schlüssige mögliche Zukunftsentwicklungen des globalen Energiesystems beschreiben, lässt sich heute zeigen, dass nur eine Kombination von Effizienz- und Konsistenzstrategien **eine gleichzeitige Verringerung oder Beseitigung aller Nachhaltigkeitsdefizite** der heutigen Energieversorgung erlaubt. Nur ein wesentlich rationellerer Umgang mit Energie in allen Bereichen, verknüpft mit einem kräftigem Ausbau erneuerbarer Energien kann so einen umfassenden Lösungsbeitrag leisten, ohne neue, nicht bewältigbare Probleme aufzuwerfen. *In den Industrieländern haben wir darüber hinaus genügend Anlass über die Sinnhaftigkeit eines stetig steigenden Konsums von Gütern und Dienstleistungen nachzudenken.*

Für Deutschland liegen aus den jüngst für das Umweltbundesamt und für die Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages durchgeführten Untersuchungen Hinweise vor, wie ein solcher Weg in einem Industrieland beschritten werden kann. Dort werden Zukunftsentwicklungen beschrieben, die bis zum Jahr 2050 von einer Reduktion des Treibhausgasausstoßes von 80% gegenüber dem Niveau des Jahres 1990 ausgehen. Dies ist die Zielmarke, welche die Klimawissenschaftler des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) für Industrienationen für adäquat halten, wenn global gesehen die Folgen der Klimaveränderung in tolerablen Grenzen gehalten werden sollen und den Entwicklungsländern gleichzeitig ein Nachholbedarf an Energieeinsatz möglich sein soll. Zweifelsohne ist dies eine engagierte Zielsetzung eingedenk der Tatsache, dass unter Trendbedingungen lediglich eine Reduzierung von maximal 30% erwartet wird. Die Studien kommen allerdings zu dem Ergebnis, dass die Erreichung dieses Ziels nicht nur technologisch möglich und ökologisch sowie ökonomisch verträglich erfolgen kann, sondern dass aus der breiten Anwendung einer großen Zahl neuer, überwiegend dezentraler Energienbereitstellungs- und einspartechnologien enorme Impulse für neue Wirtschaftsfelder und Arbeitsplätze entstehen werden.

Eine Schlüsselrolle kommt dabei dem Ausbau der erneuerbarer Energien zu. Aber auch die äußerst effiziente Bereitstellung von Strom und Wärme (ggf. auch Kälte) in modernen, dezentralen Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung spielt eine wesentliche Rolle. Für den Erfolg ist entscheidend, dass diese neuen Technologien schrittweise in die bestehenden Strukturen integriert und dass die noch notwendigen Kostendegressionen durch eine kluge Förderpolitik und stabil wachsende Märkte erschlossen werden. Die Ausgangsbedingungen hierfür sind eigentlich günstig. Erstens weil mittlerweile positive Erfahrungen z. B. mit dem sehr dynamischen Ausbau der Windenergie in Deutschland im letzten Jahrzehnt gesammelt werden konnten. *Er hat zu einer Halbierung der Stromkosten geführt bei gleichzeitiger rasanter technischer Weiterentwicklung der Windkraftanlagen und einer weitgehend reibungslosen Verknüpfung mit den bestehenden Kraftwerken.* Zweitens weil spätestens ab 2010 im deutschen und europäischen Kraftwerkspark ein immenser Ersatz- und Erneuerungsbedarf entsteht. In der zweiten und dritten Dekade müssen 70 bis 80% der gesamten Leistung ausgetauscht werden. Hieraus ergibt sich die beinahe einmalige Chance, den Kraftwerkspark im Sinne einer nachhaltigen Strombereitstellung sukzessive umzustrukturieren (vgl. **Grafik1**: Umbau der deutschen Stromversorgung bis 2050). Da gleichzeitig auch bei den Stromtransport- und -verteilungsnetzen zunehmend Ertüchtigungsbedarf besteht, können diese entsprechend erweitert und den veränderten

Stromflüssen angepasst werden. Diese Chance darf nicht ungenutzt vertan werden, andernfalls würden die bestehenden Strukturen für viele Jahrzehnte weiter festgeschrieben.

Obwohl nach wie vor zentralisierte Versorgungsstrukturen vorherrschen, zeichnen sich bereits heute die neuen Merkmale der Stromversorgung des 21. Jahrhunderts ab, die durch Deregulierung, Liberalisierung und Dezentralisierung, aber auch durch die Notwendigkeit einer verstärkten Umwelt- und Ressourcenschonung geprägt sein werden. Die Veränderungen im Stromsektor werden auf der einen Seite mit einem wachsenden überregionalen Energieaustausch einhergehen, auf der anderen Seite wird der Anteil kleiner, dezentraler effizienter Stromerzeuger steigen. Der zunehmende Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien eröffnet neue Möglichkeiten des interaktiven Last- und Energiemanagements, in das auch industrielle und private Verbraucher eingebunden werden können. Mit Hilfe verbesserter Verfahren zur Prognose, Einsatzplanung und Lastverteilung können Energiequellen und Verbraucher optimal aufeinander abgestimmt werden, woraus sich sogenannte „virtuelle Kraftwerke“ ergeben. Sie bestehen aus einer großen Anzahl kleiner, dezentraler Versorgungseinheiten, vorwiegend Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen wie Motor-Blockheizkraftwerke, Mikrogasturbinen und Brennstoffzellen, sowie aus Energiespeichermodulen (z. B. Wärmespeicher). Biomassegefeuerte Anlagen und größere fossil versorgte Kraft- und Heizkraftwerke, vorzugsweise Gas- und Dampfturbinen-Kombianlagen, ergänzen das System und führen zu einer sehr effizienten und ökonomisch attraktiven Stromversorgung.

Diese absehbare Entwicklung kommt der schrittweisen Integration erneuerbarer Energien in idealer Weise entgegen, die zu ihrer optimalen Entfaltung auf eine dezentral vernetzte, gleichzeitig aber großräumig verbundene Stromversorgung angewiesen sind. Um nämlich eine strukturell und ökonomisch attraktive Stromversorgung mit einem dominierenden Anteil erneuerbarer Energien zu erhalten, müssen **alle verfügbaren Quellen** in einem ausgewogenen Mischungsverhältnis genutzt und ihre Eigenschaften und Fähigkeiten in geeigneter Weise kombiniert werden. Das betrifft sowohl die heimischen Energiequellen

- Windenergie mit deutlichem Schwerpunkt im Norden einschließlich „offshore“-Standorten,
- Wasserkraft mit deutlichem Schwerpunkt im Süden,
- Photovoltaik mit nahezu gleichförmiger Verteilung über die Siedlungsstrukturen bei leichtem Schwerpunkt im Süden,
- Biomasse mit leichtem Schwerpunkt im Süden und starker Konzentration auf ländliche Räume und
- Strom aus Erdwärme mittels der HotDryRock-Technik mit einem möglichen Schwerpunkt im Süden,

als auch Energieressourcen im Ausland, die wegen ihrer teilweise sehr großen Potenziale nicht ausschließlich vor Ort genutzt werden sollten. Sie können nämlich als Strom mittels der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung oder längerfristig mittels Wasserstoff prinzipiell für eine gesamteuropäisch optimale Bedarfsdeckung eingesetzt werden. Aus der Sicht von Deutschland sind dies

- Windkraft an europäischen Küsten und Offshore-Anlagen außerhalb des deutschen Hoheitsgebiets,
- Solarthermische und windtechnische Stromerzeugung im Norden Afrikas (Maghreb-Staaten) und Südeuropa,
- Strom aus Wasserkraft und Geothermie auf Island,
- Wasserkraft in Skandinavien,

Eine Ausdehnung dieses Konzept z.B. auf ganz Europa ist naheliegend. Die europäischen Staaten können auch mittels eines sich in Richtung Nachhaltigkeit entwickelnden solaren Energiesystems weiter zusammenwachsen. Weiträumige Stromtransportnetze zwischen den europäischen Ländern sind heute bereits Alltag (**Abbildung**: Europäisch-Mediterranes Stromverbundnetz EURO-MED). Mit diesen Systemen unbedenklich nutzbare Elektrizität aus erneuerbaren Energien zu transportieren, macht auf Dauer mehr Sinn, als Strom aus umweltschädigenden fossil gefeuerten Altkraftwerken oder unsicheren Altreaktoren.

Unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten (**vgl. Grafik 1**) ergibt sich im Jahr 2050 die Notwendigkeit rund ein Sechstel der gesamten Stromnachfrage Deutschlands durch importierten Strom aus erneuerbaren Energien zu decken. Etwa gleich große Anteile können dabei aus Quellen im „Norden“ und im „Süden“ in das deutsche Verbundnetz gelangen. Ein ständiger Nord-Süd-Energietransport innerhalb Deutschlands wird deshalb nicht erforderlich, sondern eher ein wechselnder, kurzzeitiger Energieausgleich in beide Richtungen. Dies lässt sich näherungsweise auch auf eine großräumige, gesamteuropäische Vernetzung übertragen.

Es gibt sowohl ökonomische als auch ökologische Gründe dafür, die Vielfalt des Angebotes erneuerbarer Energien zu nutzen, anstatt auf nur einige wenige (heimische) Quellen zurückzugreifen und diese sehr stark auszubauen. Zuallererst ist ihre Nutzung dort am günstigsten, wo erneuerbare Energien in hoher Konzentration auftreten, also in besonders sonnenreichen, windreichen oder wasserreichen Regionen. Auch führt die Kombination aller erneuerbarer Quellen bei einem ausgewogenen Verhältnis der verschiedenen Technologien zu einem relativ gleichmäßigen zeitlichen Angebotsprofil und zu einer günstigen räumlichen Verteilung des Stromangebots. Dadurch sinkt der Bedarf an Leistung für eine bestimmte Strommenge, die Investitionskosten können deutlich reduziert werden und nicht nutzbare Überschüsse können bis hin zu hohen Anteilen erneuerbarer Energien weitgehend vermieden werden. Der Bedarf an Regelungskapazität in thermischen Kraftwerken und an Speichertechnologien sinkt und führt zu einer weiteren Reduzierung der Gesamtkosten.

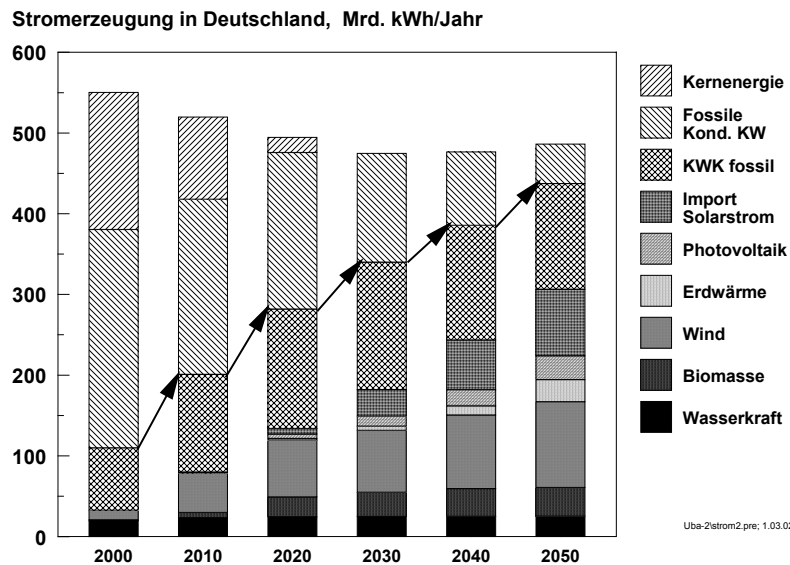
Ein anderer Aspekt ist unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten von großer Bedeutung: Die Nutzung der heimischen erneuerbaren Energien und die generelle Diversifizierung der Stromversorgung wird Deutschland weniger abhängig von Energieimporten machen. Trotzdem wird die Energieversorgung zu großen Teilen auf internationalen Partnerschaften aufgebaut sein und kommt somit den Bestrebungen einer Liberalisierung der Energiemärkte und dem politischen Zusammenwachsen Europas entgegen.

Ähnlich verhält es sich mit dem größten Teil der weltweiten Ressourcen erneuerbarer Energien, die nur durch Energiepartnerschaften von Industrie- und Entwicklungsländern

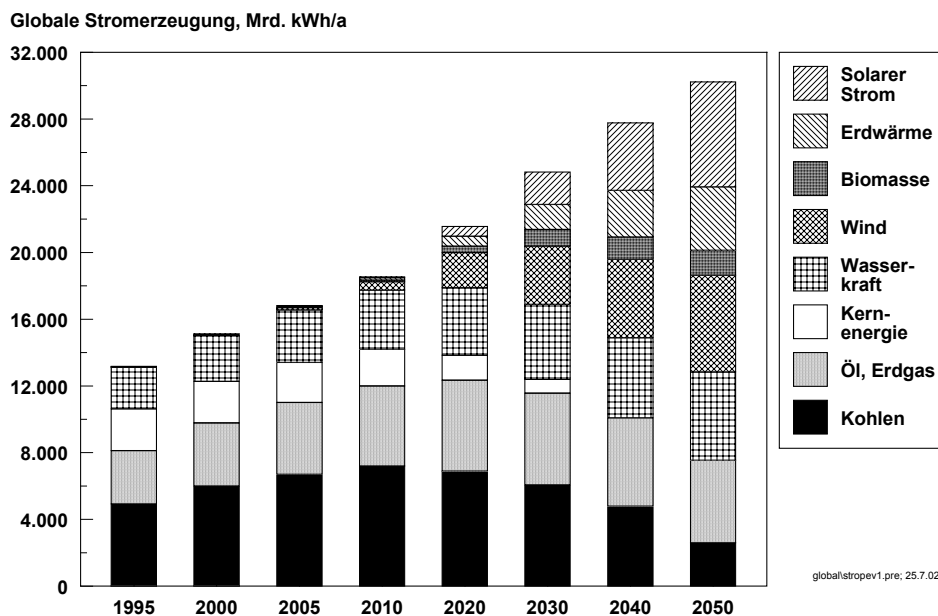
erschlossen werden können. Wegen des großen Nachholbedarfs vieler Entwicklungsländer wird nämlich die weltweite Stromnachfrage auch bei einer sehr effizienten Nutzung wahrscheinlich noch steigen. Das erschwert und verlängert den erforderlichen Ablösungsprozess fossiler und nuklearer Energiequellen (**Grafik 2**). Die sehr großen technischen Potenziale erneuerbarer Energien können nur mittels solcher Verbundlösungen in ausreichendem Maße für eine globale, nachhaltige Energiebedarfsdeckung mobilisiert werden.

Die für eine umfassende Nutzung erneuerbarer Energien benötigten Technologien sind fehlerfreundlich und kaum missbrauchsfähig. Internationale solare Energiepartnerschaften haben daher im weiteren auch geopolitische Vorteile. Sie sind ideale Mittel, wirtschaftliche Ungleichgewichte zwischen Nord und Süd zu mindern und weltweite Märkte für zukunftsfähige Energietechnologien entstehen zu lassen, ohne Konflikte um knappe Ressourcen oder um den Besitz machtsichernder Technologien befürchten zu müssen. So ist die Erschließung der großen Solar- und Windpotenziale in Nordafrika unter dem Gesichtspunkt einer wirtschaftlichen Entwicklung und politischen Stabilisierung dieser Region und seiner Beziehungen zu Europa von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Auch andere drängende Probleme lassen sich mit der in afrikanischen Ländern reichlich verfügbarer Solarenergie lösen. So können solarthermische Kraftwerke gleichzeitig zur Erzeugung von Strom und unter Nutzung ihrer Abwärme zur Entsalzung von Meerwasser eingesetzt werden.

Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass es nicht an Lösungsansätzen für die drängenden Probleme der Energieversorgung fehlt. Woran es mangelt, sind mutige und weitsichtige politische Anstrengungen, diesen Weg beherzt zu beschreiten und dabei nationale Egoismen hintanzustellen. Gerade die Europäische Union, die sich beim Voranbringen des Klimaschutz mit Recht in einer Führungsrolle sieht, könnte hier beispielgebend tätig werden.



Grafik 1: Umbau der Stromversorgung Deutschlands: Effizientere Stromnutzung, Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und Einstieg in erneuerbare Energien lassen die Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung von derzeit 300 Mio. t/Jahr auf 60 Mio. t/Jahr in 2050 sinken. Quelle: UBA-Studie (WI/DLR)



Grafik 2: Der globale Stromverbrauch wächst; selbst bei effizienter Nutzung wird er sich bis 2050 verdoppeln. Trotzdem können erneuerbare Energien schrittweise fossile und nukleare Energiequellen ablösen. Quelle: DLR

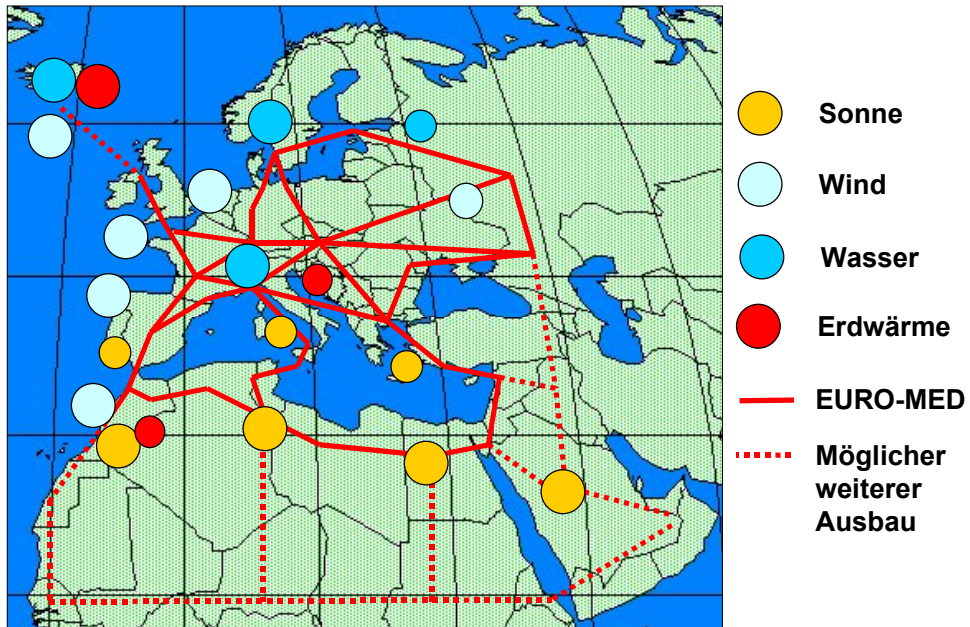


Bild: Einen europäischen Stromverbund gibt es bereits; bis 2010 soll auch der Netzverbund um das Mittelmeer, der sog. Mediterranean Power Pool mit Unterstützung der EU fertiggestellt sein, eine Verbindung zwischen Marokko und Spanien gibt es seit 1998. Dieser Stromverbund kann – mit möglichen Erweiterungen – auch für die überregionale Vernetzung erneuerbarer Energien genutzt werden.