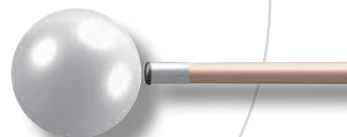


**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

Manfred Fishedick

# Herausforderung: Energieversorgung der Zukunft

Impulse für die politische Debatte im Wahljahr 2009



Wuppertal, im Mai 2009

---

Herausgeber: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Autor: Prof. Dr. Manfred Fishedick,  
Vizepräsident und Leiter der  
Forschungsgruppe Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen,

E-Mail: [manfred.fishedick@wupperinst.org](mailto:manfred.fishedick@wupperinst.org)

### **Disclaimer**

Unter dem gemeinsamen Obertitel „Impulse für die politische Debatte im Wahljahr 2009“ veröffentlicht das Wuppertal Institut in loser Reihe Forschungsergebnisse mit Bezug zu aktuellen politischen Debatten. Diese Reihe verfolgt das Ziel, politischen Akteuren, Journalisten und der Öffentlichkeit überparteilich und unabhängig Informationen aus der aktuellen Nachhaltigkeitsforschung zugänglich zu machen.

Wuppertal, im Mai 2009

[www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

## **Herausforderung: Energieversorgung der Zukunft**

Der Energiesektor steht vor einem Problemstau und der Ruf nach einem Systemwechsel ist längst keine eine Außenseiterposition mehr. Ressourcenknappheit beim Öl mit entsprechenden Preisschwankungen und der Tendenz zur langfristigen Verteuerung, Überalterung des Kraftwerksparks, wachsende Bedenken hinsichtlich der Versorgungssicherheit beim Gas und allem voran, der Zwang, aus Klimaschutzgründen die CO<sub>2</sub>-Emissionen drastisch zu senken sind gravierende Gründe, ein „weiter so“ als den unsichersten Weg in die Zukunft zu bezeichnen. Das fossile Energieversorgungssystem hat dauerhaft keine Überlebenschance, eine stärker nukleare Energieversorgung ist aus Versorgungs- und aus Sicherheitsgründen keine Alternative. Nachhaltige, zukunftsorientierte Energieversorgung setzt auf weitgehend solare Energieerzeugung, effiziente -nutzung und effektive -einsparung.

Die für einen Wechsel notwendigen Primärenergiepotenziale und die enorme Vielzahl von Nutzungstechniken für Sonne, Wasser, Wind, Biomasse und Geothermie sind seit langem weitgehend bekannt. Überrascht hat in den vergangenen Jahren, wie schnell sie erschlossen werden können, wenn der politische Wille da ist und mutige Investoren als Vorreiter fungieren. Diejenigen, die noch vor einigen Jahren die erneuerbaren Energien als „nur additive Optionen“ oder als „Forschungs- und Entwicklungsaufgabe“ bezeichnet haben, müssen sich heute eines Besseren belehren lassen. Denn bereits heute leisten erneuerbare Energien wichtige Beiträge für den Umwelt- und Klimaschutz und für die Versorgungssicherheit. Aus globaler Perspektive kommt ihrem Beitrag für die Armutsbekämpfung zentrale Bedeutung zu. Allein in Deutschland hat die Nutzung erneuerbarer Energien in den Anwendungsbereichen Strom- und Wärmebereitstellung sowie Kraftstoffe im Jahr 2008 nach Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien (AGEE) dazu beigetragen, CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Größenordnung von 112 Millionen Tonnen zu vermeiden. Das sind fast dreizehn Prozent der gesamten deutschen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ihr Beitrag zur Stromerzeugung liegt mittlerweile bei mehr als einem Siebtel – insgesamt tragen die erneuerbaren Energien zu 9,7 Prozent zur Deckung des Endenergiebedarfs bei. Dies ist unbestreitbar ein großer Erfolg, bedenkt man, dass ihr Anteil zu Beginn dieses Jahrzehnts gerade einmal bei einem Drittel davon lag.

Wie viel Zeit ist aber für eine vollständige Umstellung der Energieversorgung nötig und welcher Weg bietet für den Übergang die günstigsten Aussichten? Einen Systemwechsel kann der Markt aus sich heraus nicht vollziehen, selbst wenn die Nachfrage nach Effizienztechnologien und erneuerbaren Energiequellen entsprechende Innovationen entstehen lässt. Nachhaltige Energiepolitik hat sich daran zu messen, dass sie „Windows of Opportunity“ erkennt und nutzt. Das bedeu-

---

tet, dass sie mit Augenmaß und Weitsicht auf das Ziel Umstieg auf nach-fossile Strukturen hinarbeitet, zum jeweils richtigen Zeitpunkt die notwendigen Entwicklungsschritte einleitet und konkretes Handeln initiiert, Anreize bietet und Rahmenbedingungen setzt.

Für die Ausgestaltung der Energiepolitik wesentliche Fragen sind dabei u.a.:

- welche Technologien sind für die Umsetzung erforderlich?
- welche strukturellen Einschnitte erfordert der Übergang in nach-fossile Strukturen?
- welche ökonomischen Konsequenzen sind damit volks- und betriebswirtschaftlich verbunden?
- was bedeuten diese Einschnitte für die handelnden Akteure, wer muss umdenken, wer wird profitieren, welche neuen Akteure treten auf den Plan?
- wie passen bisherige und neue Denkmuster zusammen und wie lassen sich ggf. neue Allianzen schaffen?
- Wie können die Rahmenbedingungen geschaffen werden, so dass der Übergang in nach-fossile Strukturen für alle Akteure möglich, einfach und attraktiv wird?

Deutschland ist diesbezüglich in den letzten Jahren deutlich vorangekommen. Im April 2007 hat die Bundesregierung einen Acht-Punkte-Plan vorgelegt, hinterlegt mit teilweise sehr konkreten Maßnahmenpaketen und Gesetzesentwürfen<sup>1</sup>. Ziel des Paketes ist es, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahr 2020 um 40 Prozent gegenüber dem Niveau des Jahres 1990 zu reduzieren. Im Verhältnis zum Jahr 2006 entspricht dies einer Rückführung der Treibhausgasemissionen um 270 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>. Zu den runter gebrochenen Teilzielen des Acht-Punkte-Plans gehört z.B. eine Reduktion des Stromverbrauchs um elf Prozent gegenüber 2006 durch eine massive Steigerung der Energieeffizienz (so sollen 40 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden) und eine Verdoppelung der effizienten Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung auf 25 Prozent (20 Millionen Tonnen Einsparung). Obwohl die Maßnahmenpakete im weiteren Gesetzgebungsverfahren mit der Verabschiedung des Integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung etwas abgeschwächt wurden und an einigen Stellen auch deutliche Kritik angebracht ist (zum Beispiel in Bezug auf das überhöhte Ausbauziel für Agrotreibstoffe), stellen sie doch die Basis für einen langfristigen Fahrplan in Sachen Klimaschutz dar.

### **Der Einstieg in nach-fossile Strukturen**

Ein Ausbau der Erneuerbaren Energien macht klimapolitisch nur dann Sinn, wenn durch effiziente Nutzung gleichzeitig die Energienachfrage sinkt und so die fossilen Quellen mehr und mehr überflüssig werden. Doch was heißt das für die fossi-

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Wirtschaft/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): Integriertes Energie- und Klimaprogramm. Berlin

---

len Energieträger heute, was bedeutet das für den Kraftwerkspark und bezogen auf neue Technologien wie die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -speicherung (CCS), die fossile Energieträger klimaverträglicher machen sollen?

Eine der drängenden Fragen ist, ob es in Hinblick auf das Klimaziel nicht vernünftig erscheint, möglichst schnell ineffiziente Altkraftwerke durch moderne Anlagen mit deutlich höheren Wirkungsgraden und geringerem CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu ersetzen? Um diese Fragen zu beantworten, muss man sich die Wirkungen auf der Zeitachse verdeutlichen: So zentral das 40 Prozent-Ziel bis 2020 auch sein mag und die Substitution alter Kraftwerke durch neue Anlagen einen wesentlichen Beitrag dazu leisten könnte, misst sich die Kompatibilität solcher Investitionen mit dem Klimaschutz aufgrund ihrer langen Betriebszeiten an den Minderungsnotwendigkeiten für das Jahr 2050. Diesbezüglich geht es aber für Industrieländer wie Deutschland nicht mehr „nur“ um eine Minderung um 40%, sondern um 80 bis 95% der energiebedingten Treibhausgasemissionen, allen voran Kohlendioxid.

Ein 1:1-Ersatz des bestehenden Alt-Kraftwerksparks würde angesichts der langen Betriebszeiten von 40 Jahren zu einer klassischen Lock-in-Situation führen, also zu einer Selbstfesselung, die keinen Raum mehr für Alternativen lässt. Wollte man die Klimaschutzziele trotzdem erreichen, so könnte dies nur mit einer massiven Einbindung von CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologien erreicht werden, deren Realisierung allerdings aus heutiger Sicht noch mit vielen Fragen verbunden ist oder aber durch den umfangreichen Einkauf von Verschmutzungsrechten auf den CO<sub>2</sub>-Märkten. Letzteres stellt kurz- und mittelfristig einen praktikablen Weg dar, schränkt sich aber längerfristig immer weiter ein, je mehr auch Entwicklungs- und Schwellenländer eigene substantielle Minderungsverpflichtungen eingehen und umsetzen müssen.

Mit Blick auf die Vielzahl der aktuellen Neubauplanungen ist ein schnelles Umdenken unerlässlich, auch um massive Fehlinvestitionen zu vermeiden. Wendet man die derzeitige Situation des Kraftwerksneubaubedarfs positiv, stellt sich die Frage: Warum nicht die historische Chance nutzen? Schließlich müssen demnächst aufgrund ihres Alters viele Kraftwerke ausgemustert werden. Da bietet sich ein Gelegenheitsfenster, um, die Weichen zeitgerecht in die Richtung nach-fossiler Strukturen zu stellen.

Die Erreichung von Minderungszielen von 80 bis 95% erfordert schon für 2050 den überwiegenden Anteil der Energieversorgung „CO<sub>2</sub>-frei“ zu realisieren. Einschließlich der Stromerzeugung sind auf der Endenergieseite Deckungsanteile der erneuerbaren Energien von mehr als der Hälfte notwendig. Bis zum Jahr 2100, so die Meinung vieler Experten, könnte die Umstellung auf ein im Wesentlichen auf erneuerbaren Energien basierendes Energiesystem gelungen sein, wenn die vorgenannten Etappenziele erreicht werden.

---

Die aktuelle Leitstudie des Bundesumweltministeriums stellt eine Orientierungsmarke für das mögliche Zusammenspiel von erneuerbaren Energien, der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und zentraleren Strukturen unter restriktiven Klimaschutzbedingungen dar<sup>2</sup>. Danach sind im Jahr 2050 noch fossile Großkraftwerke mit einem Anteil von 14 Prozent (davon der überwiegende Anteil KWK auf Erdgasbasis) in den Strommix einbezogen, rund neun Prozent der Stromerzeugung entfällt darüber hinaus auf dezentrale fossile KWK-Anlagen und 77 Prozent auf erneuerbare Energien. Das Szenario zeigt, dass eine sukzessive und weit gehende Umstellung auf nach-fossile und nach-nukleare Strukturen (denn auch die Kernkraftwerke werden in diesem Zukunftspfad durch risikoärmere Technologien ersetzt) möglich ist.

Auch wenn die Einbindung in das Stromversorgungssystem eine gewaltige Aufgabe ist und technologische Neuerungen ihre Reifezeit brauchen, was hindert daran, beispielsweise die Idee der virtuellen Kraftwerke und damit auch der virtuellen Grundlastkraftwerke schneller voran zu treiben als bisher? Was vor wenigen Jahren auf der Basis kleinerer Demonstrationsanlagen (zum Beispiel in Unna, Werl) noch wie eine Spielerei erschien, ist heute auf dem Weg zur Marktreife und hat auch schon die großen Spieler der Energieversorgung zu Investitionen veranlasst.

Der Aufbau neuer Strukturen braucht Zeit. Deshalb werden fossile Kraftwerke, auch Großkraftwerke, wenngleich in deutlich geringerer Anzahl als heute, über einige Dekaden noch notwendig sein, um eine sichere Energieversorgung zu gewährleisten bzw. die aufkommenden dezentralen Strukturen zu flankieren. An die Kraftwerke der Zukunft werden aber andere Anforderungen als bisher zu stellen sein. Heute sichern Großkraftwerke insbesondere die Grundlaststromversorgung. Der Ausbau erneuerbarer Energien, speziell der Windenergie, wird aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften aber mehr und mehr dafür sorgen, dass der Bedarf an „klassischem Grundlaststrom“ sukzessive weiter abnehmen wird. Daher müssen Kraftwerke hoch flexibel sein, um die Schwankungen ausgleichen zu können. Aus heutiger Sicht werden vor allem moderne Gaskraftwerke aufgrund ihres Schnellstartvermögens diesen Ansprüchen gerecht. Wegen ihrer geringen Leistungsdynamik sind dagegen Kernkraftwerke am wenigsten geeignet, um auf steigende Anteile un stetig einspeisender Energieerzeuger wie Wind und Sonne reagieren zu können.

Dabei sind die Rahmenbedingungen nicht in allen Ländern gleich. Während in Deutschland aufgrund der beschriebenen lock-in Problematik bei der Errichtung von hocheffizienten neuen fossilen Kraftwerken Zurückhaltung angezeigt ist, wird sich der Einsatz moderner Kohlekraftwerkstechnologie in den Ländern, die auf

---

<sup>2</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2006): Ökologisch optimierter Ausbau erneuerbarer Energien (Studie von DLR, Wuppertal Institut, ifeu). Berlin

---

Grund von entwicklungspolitisch notwendig steigendem Energiebedarf auf den Energieträger Kohle noch in großem Umfang über längere Zeit angewiesen sind, allen voran China, kurz- bis mittelfristig nicht vermeiden lassen. Aus internationaler Perspektive ist es daher auch hierzulande von Bedeutung, Forschung und Entwicklung in diesem Bereich voranzutreiben. Dies schließt auch die CCS-Technologie ein, der im Rahmen von Nachrüstungsmaßnahmen in den Kohleregionen der Welt immense Bedeutung zukommen könnte.

### **Die Weichen stellen für ein solares Energiesystem**

Doch vorrangig muss sich Forschung und Entwicklung auf den Einsatz erneuerbarer Energien im Wärme- und Strombereich und letztlich auch im Verkehrssektor richten. Eine besondere auch forschungspolitische Herausforderung stellt dabei die Systemintegration dar (z.B. Entwicklung virtueller Kraftwerke, moderner Prognoseverfahren und Speichersysteme).

Für die großmaßstäbliche Einführung der solaren Wärmebereitstellung ist die weitere Entwicklung von großen Solaranlagen mit saisonalen Speichern von erheblicher Bedeutung, von denen in Deutschland bereits einige Demonstrationsprojekte realisiert wurden. Dafür ist der Aus- und Aufbau von Nahwärmesystemen erforderlich mit dem Vorteil, dass diese alternativ oder ergänzend mit anderen erneuerbaren Energieträgern (zum Beispiel Biomasse oder Erdwärme) versorgt werden können.

Der Ausbau erneuerbarer Energien allein kann aber nur einen Teilbeitrag leisten. Zudem geht es nicht um den solaren Einsatz um jeden Preis, vielmehr müssen Gebäude von vornherein so energieeffizient geplant und gebaut werden, dass sowohl der Heiz- als auch der Kühlbedarf auf ein Minimum reduziert werden kann.

Kein Zweifel, erneuerbare Energien sind maßgebliche Bausteine nach-fossiler Strukturen und in einigen Bereichen längst aus dem Nischendasein herausgewachsen. Dies gilt im besonderen Maße für die Stromerzeugung. Die meisten Erwartungen für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien im Bereich der Stromerzeugung werden aber in die Offshore-Nutzung der Windenergie gesetzt mit den aus heutiger Sicht größten Ausbaupotenzialen.

Erneuerbare Energien sind heute vielfach noch teurer als die konventionellen Energieträger, zumindest wenn man die klassische Kostenrechnung zugrunde legt und dabei die externen Kosten der Energieversorgung vernachlässigt. Die durch Energiegewinnung, -umwandlung und -nutzung verursachten Schäden führen indessen zu teilweise erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten, die in keiner Kostenbilanz enthalten sind. Schon unter Berücksichtigung der Kosten für die Emissionsrechte von CO<sub>2</sub>, die aus dem europäischen Emissionshandelssystem resultie-

---

ren und als Beginn einer anteiligen Internalisierung externer Kosten verstanden werden können, verringert sich der Abstand beträchtlich.

Wie bei allen neuen Technologien sind auch für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien finanzielle Vorleistungen notwendig, die von der Gesellschaft zu tragen sind. Diese Vorleistungen werden aber nicht ohne Rendite bleiben. Deshalb sind in dieser Sparte Konjunkturfördernde öffentliche Mittel besonders gut angelegt. Denn im Ergebnis führen sie zu einer mittel- bis längerfristigen Unabhängigkeit von vermutlich tendenziell weiter steigenden fossilen Energieträgerpreisen. Auf der anderen Seite leistet der Ausbau der Erneuerbaren einen Beitrag zur Begrenzung der Klimafolgekosten und ist in Verbindung mit anderen ebenfalls nicht zum Nulltarif erhältlichen Klimaschutzstrategien zu sehen. In diesem Sinne stellt der Ausbau erneuerbarer Energien eine sozialverträgliche Lösung dar und sichert langfristig die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts.

Erneuerbare Energien sind nicht nur in ihrer Nutzungsphase saubere Energieträger, sondern in aller Regel auch in der Phase der Herstellung und der Entsorgung bzw. des Recyclings. Noch vorhandene Probleme sind im Prinzip lösbar und von deutlich anderer Qualität als etwa die Endlagerproblematik bei radioaktiven Abfallstoffen aus Kernkraftwerken und auch als die der großen Mengenströme, die mit einer zukünftigen CO<sub>2</sub>-Speicher- und Transportinfrastruktur verbunden sein können.

Erneuerbare Energien kommen überwiegend auf der lokalen bzw. regionalen Ebene zur Anwendung. Sie tragen zur regionalen Wertschöpfung bei, leisten agrar-, regionalwirtschaftliche und industriepolitische Impulse und helfen zukunftssichere Arbeitsplätze aufzubauen. Dies gilt direkt vor Ort bei der Nutzungs- und Bereitstellungsphase aber auch für die Herstellung von Technologien, die exportiert werden. Mit rund 280.000 Beschäftigten im Jahr 2008 allein in Deutschland ist die erneuerbare Energienbranche schon jetzt zu einem maßgeblichen Wirtschaftsfaktor geworden und hat andere Energiesektoren bereits deutlich überholt.

Aufgrund ihrer häufig dezentralen Struktur sind erneuerbare Energien weniger anfällig gegenüber großflächigen Ausfällen und insgesamt geringeren Risiken unterworfen als konventionelle Alternativen. Um die aus Klimaschutzgründen notwendigen Anteile erneuerbarer Energien im Energiemix zu erreichen, werden zukünftig jedoch auch bei den erneuerbaren Energien zentralere Nutzungsstrukturen notwendig – etwa große Offshore-Windparks oder solarthermische Kraftwerke im Sonnengürtel der Erde.

Ein erneuerbares Energiesystem basiert auf einer enormen Technikvielfalt, einem riesigen Weltmarkt für Innovationen und kreativer Ingenieurskunst; es hat damit grundsätzlich das Potenzial unter geeigneten Rahmenbedingungen (insbesondere fairer Netzzugang) den Abbau von der Marktmacht multinationaler Energiekon-



---

zerne zu fördern und zu einer Reduzierung von Importabhängigkeit und von Energiepreisschwankungen beizutragen.

Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugungsoptionen, seien es erneuerbare Energien oder verbrauchernah installierte, mit fossilen Energien betriebene Kleinstkraftwerke (zum Beispiel Blockheizkraftwerke, Mikrogasturbinen, Stirling-Anlagen und zukünftig ggf. auch Brennstoffzellen) können einen wichtigen Beitrag zu den im Bereich der Energieversorgung zu lösenden Aufgaben leisten. Darüber hinaus sind insbesondere die erneuerbaren Primärenergieressourcen geografisch vergleichsweise breit verteilt, so dass mit ihnen die Energieerzeugung an vielen Orten möglich ist.

Dies gilt auch für dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf fossiler Brennstoffbasis. Sie rücken aufgrund des für sie maßgeblichen Wärmenutzungsgebotes (oder zukünftig unter Einbeziehung von Kälte/Klimatisierung als Dienstleistung) automatisch stärker an die Stelle des Verbrauchs. So könnten ganz neue soziale Strukturen der Energieerzeugung und mit Hilfe unzähliger Miniproduzenten eine viel direktere Erzeuger-Nutzer-Verbindung entstehen.

Während aus der Wasserkraft- und der Biomassenutzung sowie der Geothermie erhebliche Grundlastversorgungsanteile resultieren können, sind die solaren Optionen und auch die Windenergie dargebotsabhängig, das heißt ihr Angebot wird von den jeweiligen meteorologischen Gegebenheiten bestimmt, große Fluktuationen eingeschlossen. Man arbeitet deshalb heute an verschiedenen Stellen an einer optimierten Systemintegration. Dies gilt etwa für eine Verbesserung der Prognosesysteme, die Nutzung flexibler Verbraucher als Zwischenpuffer (Lastmanagement), die gezielte Einbeziehung neuer flexibler Verbraucher (zum Beispiel elektrische Wärmepumpen, *Plug-In* Hybrid-Fahrzeuge), die Entwicklung von Kombinations- und Hybridkraftwerken und neuen Speichersystemen.

Eine Energieversorgung in Deutschland wird ohne zentrale Strukturen nicht realisierbar sein, nur mit dem Unterschied, dass die zentralen Kraftwerke eine erneuerbare Primärenergiebasis haben. Aufgrund der nur begrenzten Nutzungspotenziale erneuerbarer Energien in einem dicht besiedelten Land wie Deutschland, können höhere Deckungsanteile erneuerbarer Energien vermutlich nur dann erreicht werden, wenn massiv die Offshore-Windenergie erschlossen wird und wenn spätestens in zwei Dekaden zudem verstärkt Strom aus erneuerbaren Energien aus anderen Ländern importiert wird. Strom könnte im Süden Europas oder dem Norden Afrikas über solarthermische Kraftwerke erzeugt und über (zentrale) Hochspannungsgleichstromübertragungssysteme nach Deutschland importiert werden. Auch Offshore-Windenergieparks sind sicher eher zentrale Anlagen mit Leistungen von einigen 100 MW. Dies gilt vor allem auch hier für die Stromtransportsysteme, um den vornehmlich im Norden bereitgestellten Windenergiestrom zu den Verbraucherschwerpunkten innerhalb des Landes zu übertragen. Von daher wird

---

es auch nötig sein, die etablierten Akteure der Energiewirtschaft zum ernsthaften Einstieg in die Solarwirtschaft zu drängen und über entsprechende Rahmenbedingungen zum Umsteuern zu ermutigen. Denn anders lassen sich weder die immensen Investitionen schultern, die dafür notwendig sind, noch wäre eine ausreichende Systemintegration gewährleistet, die zumindest in der Übergangszeit auch auf herkömmliche Kraftwerke angewiesen ist.

Angesichts des enormen Veränderungsbedarfs im Energiesystem stellt sich die berechtigte Frage, ob dies alles bezahlbar ist. Sicher sind erneuerbare Energien und dezentrale KWK-Optionen heute unter Vernachlässigung externer Kosten zum Teil noch teurer als die konventionellen Alternativen. Die Möglichkeiten zur Kostenreduktion sind aber vielfältig. Sie entstehen aus Lerneffekten, Technologiesprüngen und einer dynamischen Marktentwicklung (Masseneffekte). Als vergleichsweise junge Technologielinie steht dieser Prozess bei vielen Nutzungsoptionen erneuerbarer Energien noch relativ am Anfang. Gerade erneuerbare Energien haben aber den Vorteil, dass man mit Ausnahme der Biomasse für den Brennstoffeinsatz nicht bezahlen muss und sie per se klimaverträglich sind und keiner Emissionszertifikate bedürfen. Dies ist ein unschätzbare Wert in Zeiten steigender Energieträgerpreise und der zunehmenden Monetarisierung von Klimakosten – etwa über den Emissionshandel. In den nächsten zehn Jahren kann sich je nach Randbedingungen die Kostenschiere zwischen den erneuerbaren Energien und den konventionellen Erzeugungsoptionen substantiell schließen und viele der heute noch mit Zusatzkosten verbundenen Nutzungsmöglichkeiten erneuerbarer Energien wirtschaftlich werden.

Als natürlicher Wegbegleiter der erneuerbaren Energien muss die Energieeffizienz weiter vorangebracht werden. Kurzfristig stecken hier viele verdeckte nicht nur Energie-, sondern auch Kosteneinsparpotenziale. Dies gilt selbst für ein hochindustrialisiertes Land wie Deutschland, für das die kurzfristig erschließbaren Energieeinsparpotenziale auf 30% und mehr abgeschätzt werden können – der größte Anteil davon wirtschaftlich hoch rentabel umsetzbar. Je besser es gelingt über den Einsatz hocheffizienter Produkte und Verfahren den Energiebedarf zu verringern, je niedriger also der Energiebedarf ist, desto einfacher ist es auch den Restenergiebedarf mit erneuerbaren Energien zu decken und die dafür notwendigen Vorleistungen zu begrenzen. Ohnehin werden Energienachfrage und -angebot in Zeiten höherer Erzeugungsanteile erneuerbarer Energien stärker zusammenwachsen. Mit modernen Informations- und Kommunikationsmethoden wird der Verbrauch über z.B. zeitvariable Tarife stärker gesteuert werden und flexibel einsetzbare Verbraucher in ein konsequentes Lastmanagement einbezogen werden. Hierdurch kann ein wichtiger Beitrag geleistet werden, die un stetig anfallende Erzeugung von z.B. von Wind- oder Solarenergie auszugleichen. Neue Entwicklungen wie z.B. der Einstieg in die Elektromobilität erhöhen das verfügbare Potenzial für derartige Maßnahmen.

---

Der Übergang in nach-fossile Strukturen ist trotz aller Ansätze und bisher erreichten Erfolge kein Selbstläufer. Die Politik wird diesen Prozess nicht nur flankieren müssen, klare Ziele vorgeben und den Rahmen für wirtschaftliches Handeln bestimmen, sondern auch den Wirtschaftsakteuren Möglichkeiten geben müssen, den Umstrukturierungsprozess zum Beispiel durch die Entwicklung neuer Geschäftsfelder mitzugehen. Darüber hinaus werden Vorleistungen zur Markteinführung notwendig sein, für die das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) ein gutes Beispiel ist. Insgesamt lohnen sich diese Maßnahmen aber nicht nur, sondern sie sind ohne Alternative. Denn Klimaschutz, auch das Erreichen ambitionierter Klimaschutzziele ist insgesamt wirtschaftlich verträglich und nach vorliegenden Untersuchungen deutlich kostengünstiger als ein „Weiter so wie bisher“ und die Inkaufnahme von hohen Anpassungs- und Schadenskosten.