Perspektiven für das Zusammenspiel von Energieeffizienz und Erneuerbaren sowie ihre Einbindung in das Energiesystem

- Dr. Andreas Bett, Prof. Dr. Bruno Burger, Dr. Günther Ebert, Dr. Simon Philipps, Gerhard Stryi-Hipp (Fraunhofer ISE)
- Dr. Kurt Rohrig, Dr. Philipp Strauß, Dr. Bernd Krautkremer (Fraunhofer IWES)
- Hans Christian Gils (DLR)
- Prof. Dr. Gerd Hauser (Fraunhofer IBP)
- Prof. Christoph J. Brabec, Dr. Hans-Peter Ebert, Dr. Andreas Hauer (ZAE Bayern)

Im ersten Halbjahr 2011 wurden bereits mehr als 20 % des deutschen Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt. 9,4 % des Primärenergieverbrauchs in Deutschland wurden im Jahr 2010 aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt. Diese Zahlen belegen, welch große Bedeutung die erneuerbaren Energien in den letzten Jahren für den Energiemarkt bereits gewonnen haben. Nun muss dieser Anteil weiter gesteigert werden, bis erneuerbare Energien den deutschen Energiebedarf vollständig decken. Entscheidend für die Umsetzung dieses Ziels sind vor allem eine wesentliche Steigerung der Energieeffizienz sowie ein intelligentes Zusammenspiel von Erzeugung und Verbrauch. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über den Status und die Perspektiven zur Energieeffizienzsteigerung und für die Nutzung der verschiedenen erneuerbaren Energiequellen. Darauf aufbauend wird aufgezeigt, wie das Energiesystem für einen hohen Anteil an erneuerbaren Energien um- und ausgebaut werden muss.

1. Erhöhung der Energieeffizienz

Die effiziente Nutzung von Energie ist eine entscheidende Voraussetzung für die schnelle und ökonomisch tragbare Transformation der Energieversorgung. Der Energiebedarf muss in allen Endverbraucherbereichen, also Gebäude, Transport, Verkehr aber auch in der industriellen Produktion gesenkt werden. In all diesen Bereichen besteht enormes Potenzial für Effizienzgewinne (vgl. Tabelle 1). Diese können dabei so realisiert werden, dass weder auf Komfort verzichtet noch industrielle und kommerzielle Aktivitäten einschränkt werden müssen. Ganz im Gegenteil bewirken zahlreiche Maßnahmen zur Effizienzsteigerung eine Erhöhung der Behaglichkeit sowohl im Winter als auch im Sommer und bilden die Voraussetzung zur Bestandserhaltung.

Besonders großes Einsparungspotenzial besteht in Deutschland im Gebäudebereich, in dem ca. 40 % der Endenergie verbraucht wird. Die energetische Gebäudesanierung muss deshalb einen wesentlichen Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs leisten. Dabei sind hoch wärmedämmende, luftdichte Gebäudehüllen mit optimierten Bauteilanschlüssen, Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Systeme zur passiven Solarenergieaufnahme sowie eine dem Bedarf angepasste Anlagentechnik entscheidend (Details finden sich in [1, 2]). Effiziente Elektrogeräte unterstützen diesen Prozess und eine intelligente Gebäudetechnik ermöglicht eine effiziente Steuerung der Energieflüsse.

Bei Neubauten entstehen derzeit an mehreren Standorten in Deutschland Plusenergiehäuser, die im Jahresdurchschnitt mehr Primär- und Endenergie erzeugen als sie verbrauchen. Dieser Gebäudetyp wird in wenigen Jahren für Neubauten Standard sein und muss allmählich auch im Bestand Anwendung finden. So ging z. B. kürzlich in Stuttgart eine Plusenergie-Schule im Bestand „ans Netz“ [3].

Doch auch in anderen Bereichen bestehen große Einsparpotenziale. Mögliche Effizienzsteigerungen und dafür erforderliche Technologien sind in Tabelle 1 gezeigt. Für eine detaillierte Diskussion sei an dieser Stelle auch auf Ref. [4] verwiesen.

Tabelle 1: Effizienz in den Sektoren Strom, Verkehr und Wärme - heute und 2050. Einzelne Maßnahmen zur Erhöhung der Effizienz sind beispielhaft aufgeführt

Sektor	**Effizienz heute - 2050**	**Maßnahmen**
Strom	von 38% auf 100% [4]	• Ersatz des heutigen fossil-nuklear dominierten Kraftwerkparks durch Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
Verkehr	von 20% auf bis zu 80% [4]	• Ersatz von Brennstoffantrieben durch Elektroantrieben mit Batterie und mit Brennstoffzellen sowie Effizienzsteigerung bei Verwendung von Biokraftstoffen, Wasserstoff, Methan
Wärme	z.B. Gebäudeheizung: Senkung des Energieeinsatzes auf 1/10 des heutigen Wertes	• Effizienzsteigerung im Gebäudesektor • Einsatz von KWK, effizienten Nahwärmesystemen und verlustarmen Wärmespeichern

2. Erneuerbare Energieträger

Im Bereich der erneuerbaren Energien wurde in den vergangenen 20 Jahren eine rasche Markt- und Technologieentwicklung erreicht. Beeindruckende technologische Weiterentwicklungen wurden bereits erzielt.

So folgen die Photovoltaik-Modulpreise bereits seit mehr als 20 Jahren einer Lernkurve mit einer Fortschrittsrate von 80%. Eine Verdopplung der kumulierten Produktion führte somit jeweils zu einer Kostenreduktion von 20% [5]. Ursächlich hierfür waren die Erhöhung des Wirkungsgrades, neue Produktionstechnologien und effizienter Materialeinsatz. Die PV-Produktionskapazitäten und die installierte Leistung sind in den letzten Jahren stark gestiegen. So wurde 2010 in Deutschland eine zusätzliche Leistung von 7,4 GW installiert. Verschiedene PV-Technologien sind heute auf dem Markt oder in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium. Diese umfassen mono- und multikristalline Si-Flachmodule, Dünnschichttechnologien (wie a-Si, µSi-a-Si, CIS, CdTe), III-V Solarzellen, organische und Farbstoffsolarzellen. Alle diese Technologien haben spezifische Vorteile und besondere Anwendungsgebiete. Bei der Nutzung der Sonnenenergie für solare Wärmenutzung und Kälteerzeugung wurde die Effizienz der solarthermischen Kollektoren und Systeme erhöht. Zudem wurden Technologien zur Erzeugung solarer Prozesswärme und zur solaren Kühlung entwickelt. Es wird an einem sogenannten SolarAktivhaus gearbeitet, das unter Nutzung der saisonalen Wärmespeicherung zu 50 bis 100% mit thermischer Solarenergie beheizt werden kann.

Windkraft erzeugte 2010 mit einer installierten Leistung von 27 GW bereits 6% des Stroms in Deutschland. Die Effizienz und die Größe der Anlagen konnte kontinuierlich gesteigert werden. Auch die Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung schreitet voran. So wurden neue Anlagengenerationen entwickelt und die Leistungsprognosen präzisiert. Kontinuierliche technologische Fortschritte wurden auch bei den anderen erneuerbaren Energien Biomasse, Wasserkraft und Geothermie erreicht.

Die bereits erzielten technologischen Fortschritte haben erneuerbare Energien leistungsfähiger und günstiger gemacht. Trotzdem besteht bezüglich der Kosten und der Effizienz noch ein großes Potenzial, da ihre Erforschung im Vergleich zu anderen Energietechnologien immer noch am Anfang steht. Erforderlich ist hierfür die deutliche Ausweitung der Forschungsaktivitäten im Bereich Energieeffizienz und erneuerbare Energien, wie sie im Energieforschungsprogramm des Bundes prinzipiell vorgesehen ist [6]. Beispielhafte Innovationen, die in den kommenden Jahrzehnten erwartet werden, sind in Tabelle 2 aufgeführt. Eine detaillierte Darstellung findet sich in [7].

Tabelle 2: Anteil verschiedener Energieträger an der deutschen Stromproduktion 2050. Der Forschungsbedarf bis 2020 sowie Highlights bis 2050 sind beispielhaft gezeigt.

Energiequelle	**Anteil an deutscher Stromproduktion 2050**[1]	**Forschungsbedarf bis 2020**	**„Highlights" bis 2050**
Photovoltaik	17 - 30%	• Erhöhung des Wirkungsgrades, neue Prozesstechnologien mit höherem Durchsatz bei geringerem Materialverbrauch • Optimierung der Modultechnologie, der Verkapselung sowie der elektrischen Systemintegration	• Solarmodule mit kristallinen Mehrfachsolarzellen mit 30% Modulwirkungsgrad und 40 Jahren Lebensdauer • Konzentrierende Photovoltaik erreicht Modulwirkungsgrad von 50% • Farbige Solarzellen werden in Gebäudehüllen integriert
Solarthermische Kraftwerke	N.A.[2]	• Hochtemperatur-Konzepte • Verlustarme Wärmespeicher	• Solarthermische Kraftwerke in Nordafrika liefern Strom über HGÜ-Leitungen nach Europa
Windenergie onshore	15-18%	• Erhöhung der Leistung, der Effizienz und der Vorhersagbarkeit	• Effiziente, geräuscharme Windkraftwerke erzeugen deutschlandweit Strom
Windenergie offshore	40-47%	• Materialentwicklung • Erhöhung der Leistung, der Effizienz und der Vorhersagbarkeit • Erhöhung der Verfügbarkeit	• Offshore-Windparks liefern vorhersagbare, große Strommengen
Wasserkraft	3-4%	• Neue Baukonzepte, Materialien und Werkstoffe	• Große Wasserkraftspeicher stehen zur Verfügung
Biomasse / erneuerbares Methan	8-10%	• Erhöhung der Effizienz von Biomasse-Nutzungspfaden	• Erneuerbares Methan im Gasverteilnetz dient als Energieträger und -speicher
Geothermie	3-4%	• Erkundungsstrategien • Verbesserte Produktionstechniken	• Geothermie-Kraftwerke liefern Grundlaststrom

3. Umbau des Energiesystems

Die Steigerung der Energieeffizienz und der Ausbau erneuerbarer Energien sind wichtige Elemente der Transformation des gesamten Energiesystems, das die Erzeugung, Verteilung, Speicherung, Umwandlung und effiziente Nutzung von Strom, Wärme/Kälte und analog den Verkehrsbereich umfasst.

Aus- und Umbau des Stromnetzes

Der Stromtransport war bisher zentral organisiert: Wenige Großkraftwerke erzeugten Strom mit rotierenden Generatoren, der über Höchst-, Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze zu den Verbrauchern transportiert und verteilt wurde. Die Stromproduktion folgte der Nachfrage. Für das Zeitalter der erneuerbaren Energien ist ein Umdenken erforderlich: Strom wird dann in einer Vielzahl kleiner und großer Anlagen erzeugt und vor allem dezentral mit Wechselrichtern ins Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetz eingespeist (vgl. Abbildung 1). So produzierten im ersten Halbjahr 2011 bereits ungefähr eine Million Photovoltaik-, Wind-,

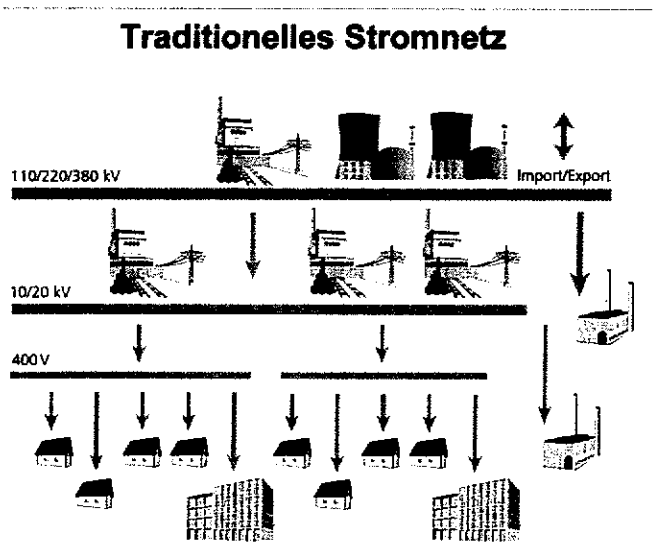
[1] Es existieren verschiedene Szenarien für den Anteil der einzelnen Energieträger an der deutschen Stromproduktion im Jahre 2050. In der Tabelle sind die Bandbreiten der Energieszenarien aus den Referenzen [4] und [8] gezeigt. In beiden Szenarien wird der deutsche Strom zu 100% aus Erneuerbaren Energien erzeugt. Es sei zudem auch auf die Szenarien in [9] verwiesen.

[2] In den Szenarien aus [4] und [8] kommt ein Teil des Stromimports aus solarthermischen Kraftwerken außerhalb Deutschlands.

Wasserkraft- und Biogasanlagen über 20% des deutschen Strombedarfs [10]. Die größte Herausforderung besteht darin, mit den großen Schwankungen der Stromerzeugung aus Wind und Sonne umzugehen, die den Hauptteil der Stromerzeugung leisten werden.

Ein wichtiger Baustein hierfür ist ein überregionaler Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung. Dafür muss das Hoch- und Höchstspannungsnetz ausgebaut werden, um wetterbedingte Erzeugungsunterschiede in verschiedenen Regionen Deutschlands und Europas auszugleichen. Ein europäisches-nordafrikanisches Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetz (HGÜ) würde den verlustarmen Transport großer Strommengen sowohl innerhalb Europas aber auch aus nordafrikanischen Solarkraftwerken (DESERTEC-Initiative) ermöglichen [11]. Des Weiteren müssen die verschiedenen Speichertechnologien deutlich weiter entwickelt und große Speicherkapazitäten in das Stromnetz integriert werden. Dabei wird ein geeigneter Mix aus verschiedenen Speichertechnologien zum Einsatz kommen, die kurz-, mittel- und langzeitoptimiert sind. Zur Anpassung des Verbrauchs an die Erzeugung, sowie die optimale Steuerung der stark steigenden Anzahl von dezentralen Erzeugern und Speicherkapazitäten muss das Stromnetz der Zukunft intelligent sein. In diesem „smart grid" werden alle Komponenten miteinander kommunizieren. Hierfür sind u.a. intelligente Stromzähler und flexible Strompreise erforderlich, so dass die Verbraucher ihren Strombezug an die aktuelle Erzeugungssituation soweit möglich anpassen können. Dadurch wird auch der Bedarf an teuren Speichern reduziert.

Die prinzipielle Gewährleistung der Versorgungssicherheit durch das Zusammenspiel von erneuerbaren Energien und Speichern in Form eines „Regenerativen Kombikraftwerks" wurde bereits demonstriert [12]. Durch den Aus- und Umbau des Stromsystems ist dies auch für den gesamten Strombedarf Deutschlands möglich.



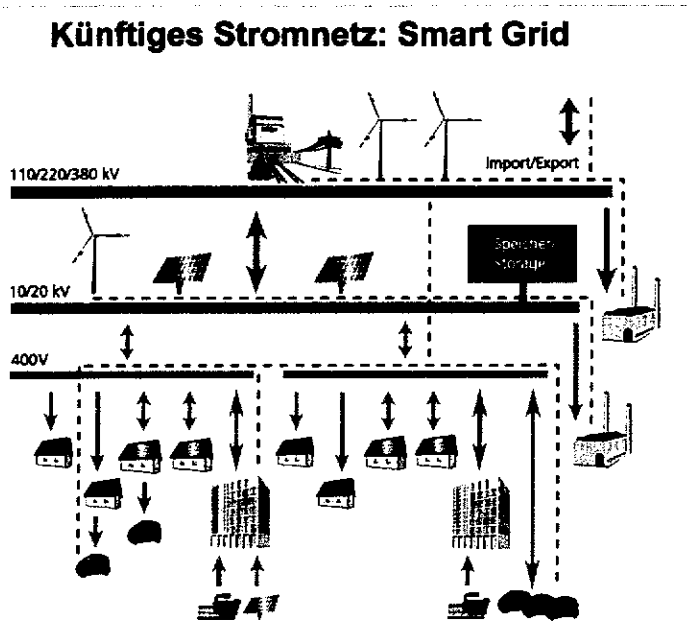


Abbildung 1: Zentrale Stromerzeugung im traditionellen Stromnetz und dezentrale Stromerzeugung im künftigen „Smart Grid". (Quelle: Fraunhofer ISE)

Energiespeicher

Zum Ausgleich der schwankenden Erzeugung bei sehr hohen Anteilen erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung ist der Einsatz von Kurzzeit- bis zu saisonalen Speichern unverzichtbar. Zum Ausgleich von kurz- bis mittelfristigen Schwankungen bei der Stromerzeugung, die nicht über das Stromnetz ausgeglichen werden können, eignen sich elektrochemische Speicher und Pumpspeicherkraftwerke. Jahreszeitliche Schwankungen erfordern verlustarme chemische Speicher. In Frage kommen aus heutiger Sicht vor allem Wasserstoff und synthetisches Methan. Wasserstoff könnte mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen und als sauberer Energieträger in Brennstoffzellen, Gasturbinen oder Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Hierzu wäre der Aufbau eines Wasserstoff-Verteilnetzes notwendig. Aus erneuerbaren Energien erzeugtes Methangas könnte dagegen in die gut ausgebaute Gasinfrastruktur mit ihrer saisonalen Speicherkapazität eingebunden werden. Alle heute bereits vorhandenen Erdgasspeicher in Deutschland haben eine maximale Arbeitsgaskapazität von 20 Mrd. m^3, was einer Energiespeicherkapazität von ca. 200 TWh entspricht [13]. Eine europäische Vernetzung ist auch in Bezug auf Speicher vorteilhaft. So könnten beispielsweise Wasserkraftspeicher in Norwegen oder den Alpen ausgebaut und auch für andere europäische Länder zur Verfügung gestellt werden.

Die thermische Energiespeicherung ist ein weiterer unverzichtbarer Baustein eines erneuerbaren und effizienten Energiesystems. Durch die saisonale Speicherung solarer Wärme oder für die kurzzeitige Speicherung erneuerbar erzeugter Elektrizität in Form von Wärme oder Kälte erfüllt sie eine wichtige Funktion. Thermische Energiespeicher ermöglichen zudem eine deutliche Steigerung der Energienutzungseffizienz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen. Meist ist es sinnvoll diese Anlagen stromgeführt zu betreiben. Die anfallende Wärme muss über einen längeren Zeitraum gespeichert werden, um sie dann bei Bedarf nutzen zu können. Chemische Wärmespeicher mit einer um den Faktor 8 erhöhten Wärmedichte sind in Entwicklung und könnten die saisonale Wärmespeicherung deutlich erleichtern.

Wärme

Der Raumwärmebedarf wird durch Wärmeschutzmaßnahmen signifikant sinken. Der verbleibende Raumwärmebedarf, die Warmwassererzeugung sowie die Prozesswärmebereitstellung wird künftig mit erneuerbaren Energien, effizienteren

Heizungssystemen und einer Wärmerückgewinnung gedeckt werden. Für die Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung eignen sich insbesondere Wärmepumpen in Verbindung mit Geothermieanlagen sowie solarthermische Kollektoren. Biomasse wird nur in begrenztem Umfang für die Wärmebereitstellung eingesetzt werden. Zudem kann Wärme durch die Kraft-Wärme-Kopplung mit BHKWs oder Brennstoffzellen sowie in Form von Abwärme aus Industrieprozessen genutzt werden. Durch den Einsatz von Wärmespeichern können die KWK-Anlagen zum Ausgleich der schwankenden Netzeinspeisung aus Wind- und Solarenergieanlagen genutzt werden. Industrielle Prozesswärme kann aus Hochtemperatur-Solarthermie, KWK-Anlagen sowie mit Strom aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden.

Viele Gebäude werden ihren Wärme- und Kältebedarf selbst decken, um auch das Ziel der „Near Zero Energy Buildings" der EU oder das attraktivere Plusenergiehaus-Niveau zu erreichen. Vor allem in Gebieten mit einer höheren Gebäudedichte, in denen die Solarstrahlung den Wärmebedarf nicht decken kann, ist eine verstärkte Nutzung der KWK in Verbindung mit innovativen Nahwärme-/kältenetzen angebracht. Dabei sind verlustarme saisonale Wärmespeicher ein wichtiger Bestandteil.

Verkehr

Elektromobilität spielt im erneuerbaren Energiesystem eine entscheidende Rolle. Elektroantriebe weisen mit ca. 80% einen deutlich höheren Wirkungsgrad als Verbrennungsmotoren mit ca. 20% in Bezug auf den eingesetzten Strom bzw. Kraftstoff auf [14]. Der Personenverkehr wird durch Elektromobile mit Batterieversorgung abgedeckt, welche durch kleinere Verbrennungsmotoren für erneuerbare Kraftstoffe oder durch Brennstoffzellen ergänzt werden können. Solche Hybridtechnologien eigenen sich ebenfalls für den Güterverkehr. Für den Langstreckenverkehr, für Schiffe und Flugzeuge werden vor allem erneuerbare Kraftstoffe (synthetisches Methan / Wasserstoff) eingesetzt werden.

Die zentralen Herausforderungen in den verschiedenen Sektoren sind in Tabelle 3 aufgelistet. Für alle diese Herausforderungen existieren technologische Lösungsansätze. Einige der zur Realisierung nötigen Schritte sind ebenfalls in der Tabelle gezeigt.

Tabelle 3: Herausforderungen, Lösungsansätze und erforderliche Technologien für den Umbau des Energiesystems.

Sektor	Herausforderung	Lösungsansatz	Technologiebedarf
Stromnetze	• Dezentrale Erzeugung • Fluktuierender Wind- und Solarstrom • Wechselrichter statt rotierender Generatoren	• Ergänzung verschiedener erneuerbarer Energien • Überregionaler und internationaler Ausgleich • Verbrauchsflexibilisierung und –steuerung • „Smart Grids" • Energiespeicher	• „Regeneratives Kombikraftwerk" • Netzausbau • Intelligente Netz- und Systemtechnik • Speichertechnologien
Energiespeicher	• Kurz- und mittelfristige Stromspeicher • Jahreszeitliche Stromspeicher • Speicherung von Wärme	• Elektrochemische Speicher und Pumpspeicherkraftwerke • Chemische Speicher • Thermische Energiespeicher • Druckluftspeicher	• Optimierung der Batterietechnologie • Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken • Optimierung der Wasserstoff- und Methan-Technologie • Optimierung von Wärmespeichern
Wärme und Wärmenetze	• Reduktion des Wärmebedarfs • Ersatz von Wärme aus fossilen	• Steigerung der Energieeffizienz • Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien	• Intelligente Hochleistungsfassaden zur Steuerung der Energieflüsse (Wärme und

	Energieträgern		Licht) • Optimierung von solarthermischen Kollektoren, Biomasse- und Geothermieanlagen • Integrale Konzepte für energieoptimierte Gebäude und Stadtteile • Einsatz von Wärmepumpen
Verkehr	• Ersatz von fossilen Treibstoffen	• Elektromobilität • Erneuerbare Kraftstoffe	• Elektro- und Hybridfahrzeuge • Batterietechnologie • Effiziente Erzeugung erneuerbarer Kraftstoffe • Verteilnetze für erneuerbare Kraftstoffe

Fazit

Eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien ist bis zum Jahr 2050 möglich. Die wesentlichen Komponenten dieses Systems sind bekannt und vorhanden, müssen jetzt aber in Bezug auf Kosten und Effizienz sowie für den Breiteneinsatz weiterentwickelt werden. Neben einer wesentlichen Steigerung der Energieeffizienz ist ein intelligentes Zusammenspiel von Erzeugung und Verbrauch notwendig. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Erneuerbare Energien müssen intensiver erforscht und der Ausbau konsequent vorangetrieben werden. Das Energiesystem muss neu konzipiert und umgebaut werden. In den letzten Jahrzehnten wurden bereits große technologische Weiterentwicklungen auf diesem Weg realisiert. Technische Lösungsansatze für die Herausforderungen eines neuen, nachhaltigen Energiesystems sind vorhanden. Ihre Umsetzung erfordert ein konsequentes politisches Vorgehen und kontinuierliche Forschungsförderung.

Literatur

[1] Hauser, G., "Energieeffizienz – der wesentliche Lösungsansatz!" wksb H. 58, 2007.

[2] FVEE, "Energieeffizientes und solares Bauen – ein Paradigmenwechsel, Themenheft FVEE", www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2008-1/th2008.pdf, Dezember 2008.

[3] Fraunhofer IBP, "Energiewende erfolgreich vollzogen: Die erste Plusenergieschule geht ans Netz", www.ibp.fraunhofer.de/Images/21_06_2011_PM_Symp_Eneff_Schule (2)_tcm45-92858.pdf, Pressemitteilung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik vom 17. Juni 2011.

[4] FVEE, "Vision des FVEE für ein 100 % erneuerbares Energiesystem", www.fvee.de/fileadmin/politik/10.06_FVEE-Eckpunktepapier.pdf, Juni 2010.

[5] Bhandari, R. and Stadler, I., "Grid parity analysis of solar photovoltaic systems in Germany using experience curves", Solar Energy 83, 2009.

[6] BMWi, "Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung - Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung", Juli 2011.

[7] FVEE, "Beitrag des FVEE zum 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung", www.fvee.de/fileadmin/politik/fvee-input_6.efp_2010.pdf, Oktober 2010.

[8] Solar Promotion GmbH (Hrsg), "Broschüre zur Sonderschau PV ENERGY WORLD auf der Intersolar Europe 2011",

www.intersolar.de/fileadmin/Intersolar_Europe/Besucher_Service/ISE2011_PV_Energy_World.pdf, Juni 2011.

[9] ewi/gws/prognos, "Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung", www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieszenarien_2010.pdf, August 2010.

[10] BDEW, "Erneuerbare liefern mehr als 20 Prozent des Stroms", www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_20110829-PI-Erneuerbare-liefern-mehr-als-20-Prozent-des-Stroms, Pressemitteilung des BDEW vom 29. August 2011.

[11] Trieb, F., "Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power", DLR Stuttgart, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung für das Bundesumweltministerium (BMU), Stuttgart, www.trec-uk.org.uk/reports/TRANS-CSP_Full_Report_Final.pdf, Juni 2006.

[12] Mackensen, R., Rohrig, K. and Emanuel, H., "Das Regenerative Kombikraftwerk", Abschlussbericht. ISET e. V. Kassel, www.kombikraftwerk.de/fileadmin/downloads/2008_03_31_Ma__KombiKW_Abschlussbericht.pdf, April 2008.

[13] BMWi, "Jahresstatistik zur deutschen Gaswirtschaft", www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Service/publikationen,did=53746.html, Dezember 2008.

[14] Sterner, M., Schmid, J. and Wickert, M., "Effizienzgewinn durch erneuerbare Energien - der Primärenergiebeitrag von erneuerbaren Energien", BWK No. 60, Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag, 08/2008.