

Integration der erneuerbaren Energien in die Strom- und Wärmeversorgung

Dem heutigen globalen Primärenergiebedarf und seiner zu erwartenden Zunahme stehen mit den erneuerbaren Energien bekanntermaßen ausreichende Potenziale gegenüber (Abbildung 1). Rein mengenmäßig könnten Sonne und Wind den Bedarf sogar jeweils allein decken, sie fluktuieren allerdings stark und stehen geographisch nicht überall ausreichend zur Verfügung. Die Aufgabe besteht also im Wesentlichen in der technischen und ökonomischen Erschließung der erneuerbaren Quellen sowie der Integration in die Versorgungsstrukturen und der Transformation der Energiesysteme.

Wo stehen die Erneuerbaren heute?

Die Photovoltaik hat zurzeit global einen Anteil von nur einem Promille, aber ihre Lernkurve zeigt einen Kostenrückgang um 20% je Verdoppelung der installierten Leistung. Der globale Anteil der Windenergie liegt schon bei rund 1,5%. In den vergangenen Jahren hatte die Windenergie jährliche Zuwächse

zwischen 30 und 40%. Das wird in den nächsten Jahren zwar etwas geringer ausfallen, aber die Lernkurve hier zeigt einen Rückgang der Kosten um 10% je Verdoppelung der installierten Leistung.

Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich eignet sich besonders gut die Betrachtung der Kosten aufgetragen über der erzeugten Energie (Abbildung 2). Dabei wird deutlich, dass alle Erneuerbaren konkurrenzfähig zu den konventionellen fossilen Energieträgern werden, wenn ihr Anteil etwa bei 20% liegen wird. Das gilt für alle gleichermaßen, die Wirtschaftlichkeit ist also keine grundsätzliche, sondern nur eine zeitliche Frage.

Die alleinige Versorgung mit erneuerbaren Energien ist aufgrund der Fluktuationen von Wind und Sonne natürlich auf mehrere Säulen zu bauen. Dazu zählen z. B.

- Nutzung von in Biomasse gespeicherter Energie
- Maßnahmen zum Verbrauchsmanagement (Demand Side Management)

Fraunhofer IWES

Prof. Dr. Jürgen Schmid
jschmid@iset.uni-kassel.de

Uwe Kregel
ukregel@iset.uni-kassel.de

Dr. Bernhard Lange
blange@iset.uni-kassel.de

Dr. David Nestle
dnestle@iset.uni-kassel.de

Dr. Kurt Rohrig
krohrig@iset.uni-kassel.de

Dr. Michael Sterner
msterner@iset.uni-kassel.de

Dr. Philipp Strauß
pstrauss@iset.uni-kassel.de

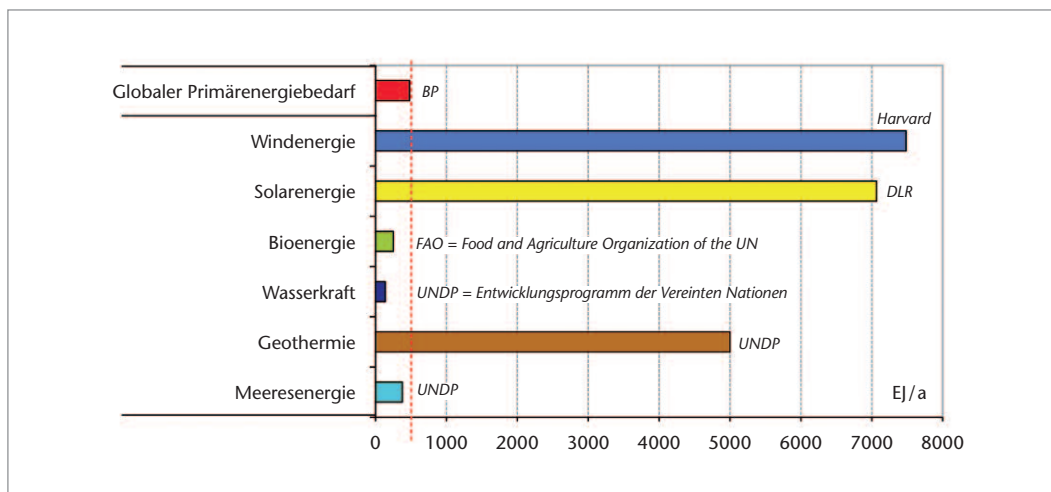
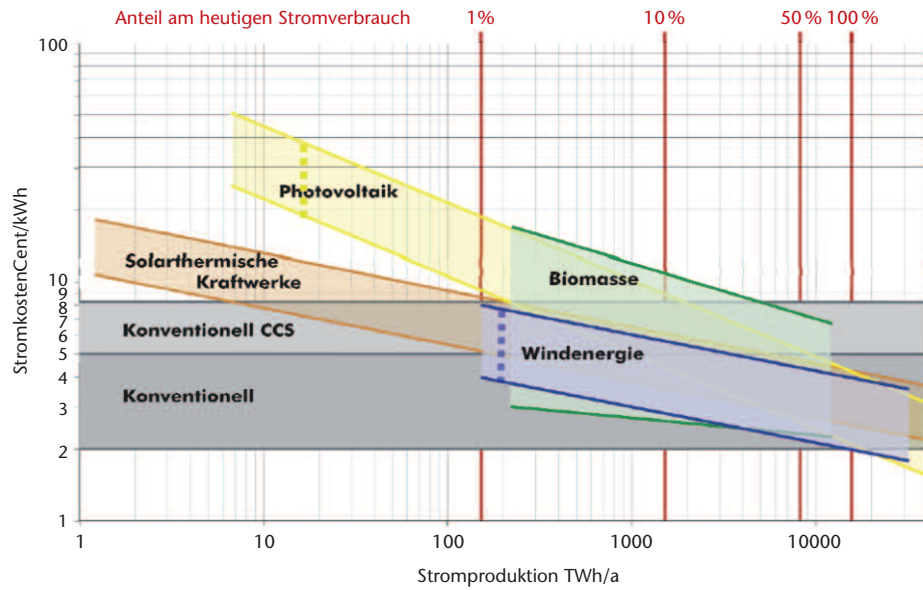


Abbildung 1

Technisches Potenzial erneuerbarer Energien weltweit

Die Quellen sind in der Grafik jeweils neben dem betreffenden Balken vermerkt.

Abbildung 2
 Entwicklungspotenzial
 der Kosten für Strom
 aus erneuerbaren
 Energien
 (Quelle: Fraunhofer IWES
 2007)



- geeignete Einbindung großer Pumpspeicher für den mittel- bis langfristigen Ausgleich
- neue Speicheransätze für die kurzzeitige Netzunterstützung, wie sie z. B. mit der Elektromobilität entstehen können.

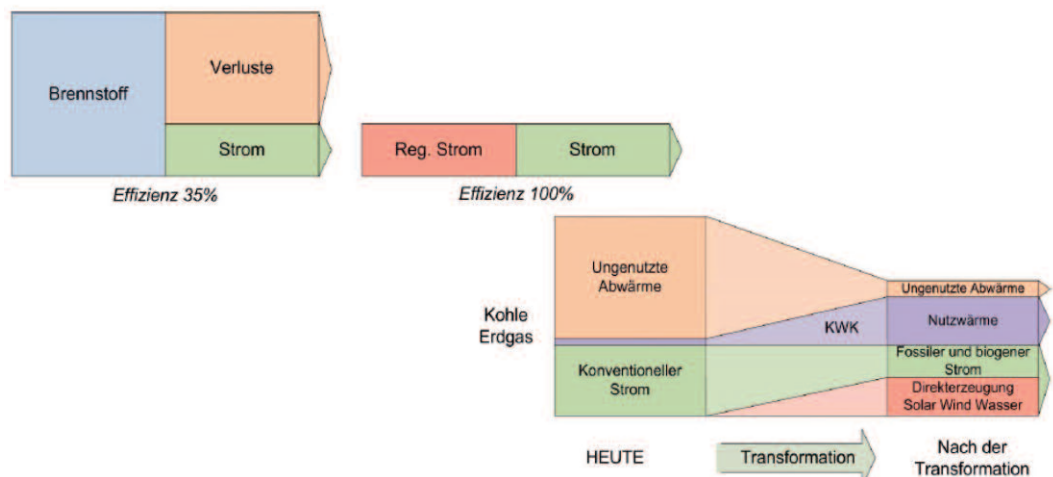
als Verlustwärme verloren. Durch jede direkt aus erneuerbaren Energien erzeugte Kilowattstunde werden also drei Kilowattstunden auf der Primärseite der konventionellen Kraftwerke ersetzt (*Abbildung 3*). Andererseits gilt es durch einen schnellen und weitreichenden Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung die thermischen Verluste für unsere Wärmebedürfnisse zu nutzen.

Wie lässt sich die Effizienz unserer Energieversorgung deutlich steigern?

Bei der Stromerzeugung mit konventionellen Kraftwerken gehen zwei Drittel der Primärenergie

Ein weiterer wichtiger Baustein sind elektrisch betriebene Wärmepumpen. Diese erzeugen aus rund 75 Prozent Umweltwärme aus der Luft oder dem Erdboden und 25 Prozent Antriebsenergie Wärme zum Heizen und zur Warmwasserbereitung. Effizienz und Umweltbilanz der

Abbildung 3
 Effizienzsprung im
 Stromsektor durch zu-
 nehmende direkte
 Stromerzeugung aus
 erneuerbaren Energien
 und Kraft-Wärme-
 Kopplung (KWK)



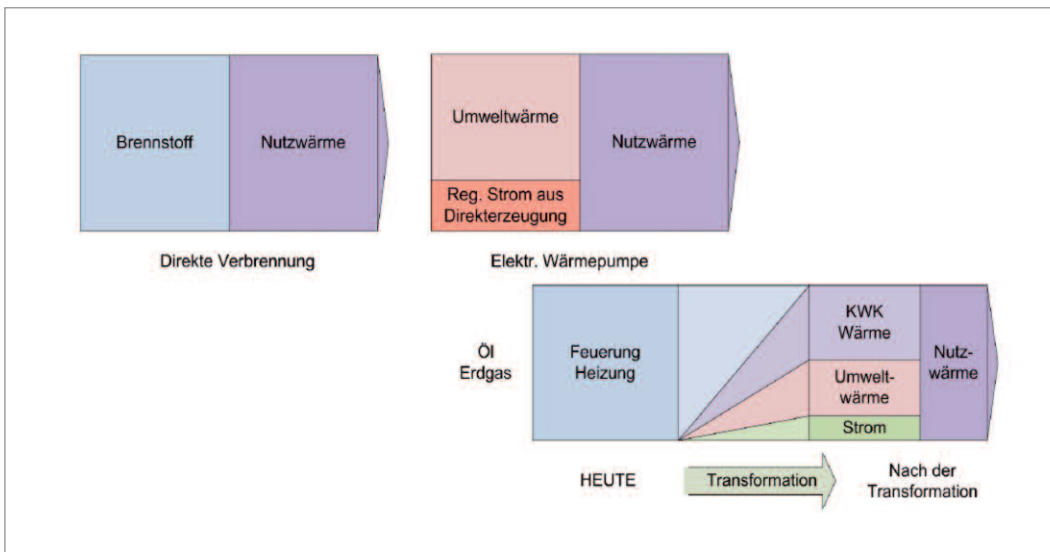


Abbildung 4
Effizienzsprung im Wärmesektor durch regenerative Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

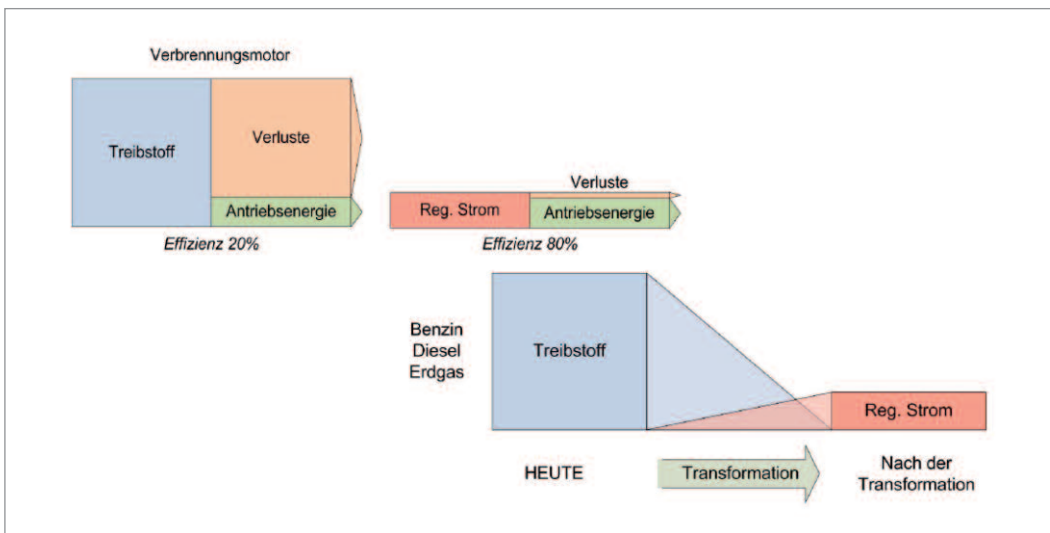


Abbildung 5
Effizienzsprung im Verkehrssektor durch Elektromobilität

Wärmepumpen fällt umso besser aus, je höher der erneuerbare Anteil des eingesetzten Stroms ist (Abbildung 4).

Der dritte große Primärenergieanteil wird im Verkehrsbereich mit mittleren Wirkungsgraden von heute rund 20 % für unsere Mobilitätsbedürfnisse eingesetzt. Hier bietet die mit regenerativem Strom betriebene Elektromobilität die effizienteste Alternative (Abbildung 5).

Transformation der Energiesysteme

Der Übergang vom heutigen Energiesystem zu einem nachhaltigen, emissionsfreien System muss so gestaltet werden, dass technologische

Fehlentwicklungen vermieden und dass die Versorgungssicherheit auch während der Transformationsphase gewährleistet ist (no regret strategy). So zeichnet sich schon heute ab, dass mit zunehmenden Anteilen von erneuerbaren Energien aus Wind und Sonne im Strommix, die bisherige Aufteilung der Lastbänder (Grund-, Mittel- und Spitzenlast) verschwinden wird.

Mit zunehmendem Anteil fluktuierender Stromquellen muss für Europa ein neues, sehr leistungsfähiges Stromübertragungsnetz zur Verfügung stehen, das einerseits die bei der lokalen Erzeugung entstehenden Schwankungen großflächig ausgleicht (irgendwo bläst in Europa immer der Wind) und das andererseits die Einbindung der enormen Speicherkraftwerkskapazitäten – vor allem Norwegens – erlaubt.

Gelingt der Ausbau dieses transeuropäischen Supernetzes nicht rechtzeitig oder nicht vollständig, müssen im nationalen Rahmen sogenannte Residuallast-Kraftwerke diesen Ausgleich übernehmen. Im Gegensatz zu bisher eingesetzten Grund- bzw. Mittellastkraftwerken sind das schnell reagierende Gaskraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplung und virtuell vernetzbare Kleinstsysteme wie Blockheizkraftwerke, Mikroturbinen und Brennstoffzellen. Elektrische Energiespeicher, wie sie oft vorgeschlagen werden, könnten im Prinzip diesen Ausgleich ebenfalls leisten, sind jedoch auf absehbare Zeit gegenüber starken Netzen bzw. Residuallast-Kraftwerken nicht konkurrenzfähig.

Heutige Großkraftwerke sind für den Fluktuationsausgleich ungeeignet, denn sie können den dafür erforderlichen großen Leistungsänderungen nicht schnell genug folgen. Geeignete Kraftwerkstypen sind dann: Gaskraftwerke und Kraft-Wärmekopplungsanlagen (Motor-Generatoren, Mikroturbinen, Brennstoffzellen), die über entsprechende Kommunikationseinrichtungen gesteuert werden können.

Mit dem Ausbau der Erdgas-basierten Kraftwerke und der Kraft-Wärme-Kopplung kann sofort begonnen werden. Der zunächst zunehmende Bedarf an fossilem Erdgas wird mittelfristig kompensiert durch den Wegfall des Bedarfs für Erdgas-Heizungen (bei Zunahme der Kraft-Wärme-Kopplung und der elektrischen Wärme-

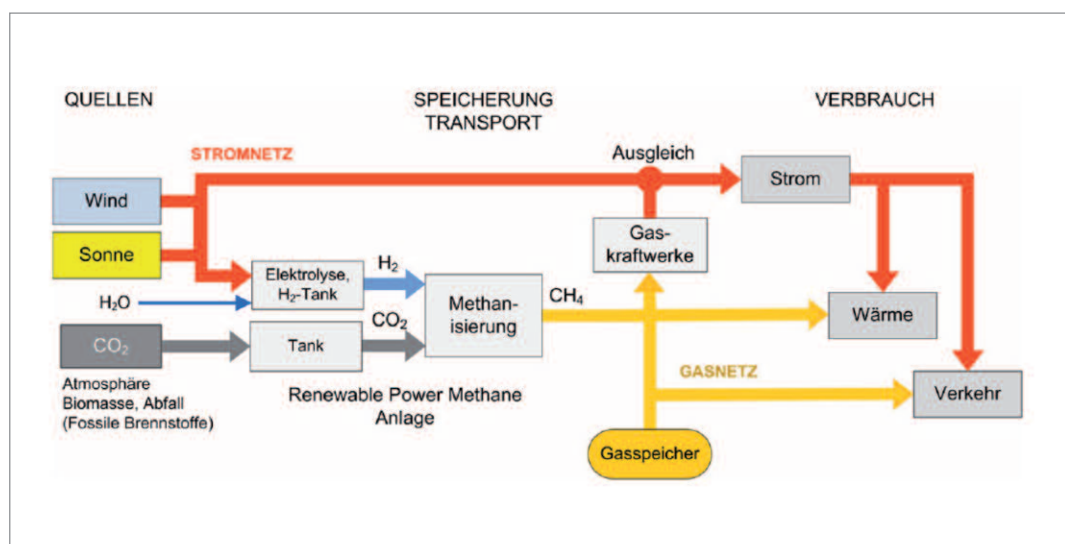
pumpen). Langfristig wird der Erdgasbedarf durch dessen zunehmende Substitution mit nachhaltig erzeugtem Biomethan und mit Synthese-Methan aus elektrischen Überschüssen gegen Null gehen (Abbildung 6). Diese Methaneinspeisung bedeutet auch, dass das künftige Erdgasnetz – genau wie das künftige elektrische Netz – wechselnde Durchflussrichtungen verarbeiten können muss. Dafür sind neue Management-Strategien notwendig (smart grids). Der zur Zeit stattfindende Ausbau von Flüssiggas-Terminals sollte weiterhin forciert werden, um die Aufnahmefähigkeit von z. B. aus Windstrom-Überschüssen an besonders günstigen Standorten erzeugten Methan zu ermöglichen.

Für den Ausgleich der in Zukunft stark steigenden Schwankungen bei der Stromerzeugung aus Sonne und Wind stehen dann folgende Elemente zur Verfügung:

- Leistungsfähige Hochspannungs-Gleichstromübertragungsnetze in Deutschland und auch in Europa für die Aufnahme der an optimalen Standorten platzierten Stromquellen aus Sonne und Wind, für den großflächigen Horizontalausgleich von Leistungsschwankungen und für die Anbindung an die großen Speicherkraftwerkskapazitäten z. B. in Norwegen.
- Schnell reagierende, dezentrale Kraftwerke (vorzugsweise Kraft-Wärmekopplungs-

Abbildung 6
Umwandlung von Wind, Sonne und Biomasse in Erdgas-substitut (SNG) zur Speicherung Erneuerbarer und ihrer Verteilung über vorhandene Infrastruktur durch die Kopplung von Strom- und Gasnetz

(Quellen: Sterner, Fraunhofer IWES und Specht, ZSW)



Anlagen bzw. Gaskraftwerke), die über Erdgasnetze aus Biomasse- oder Abfallvergassungsanlagen mit CCS oder mit aus Stromüberschüssen erzeugtem erneuerbarem Methan versorgt werden.

- Interaktive Netze für Strom und Gas (smart grids) in Verbindung mit Last- und Einspeisemanagement (Kombikraftwerke).

Die Umweltverträglichkeit der elektrischen Wärmepumpen bzw. der Elektrofahrzeuge inklusive Bahn, Straßenbahn und Omnibussen verbessert sich mit zunehmendem Anteil der erneuerbaren Energien im Strommix.

Bei konsequenter Umsetzung der beschriebenen Strategie werden keine zusätzlichen Speicher zur Stabilisierung der elektrischen Netze erforderlich. Dies gilt allerdings nur für ein gesamteuropäisches Konzept. Eine enge Abstimmung zwischen allen europäischen Mitgliedsländern und die Koordination z. B. durch die Europäische Kommission ist daher Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung.