

Positionspapier

Klimaschutz und Energiepolitik

Ziele und Handlungsbedarf für eine ressourcenschonende und CO₂-arme Energieversorgung und -nutzung in Deutschland

Februar 2014



Inhalt

1	Zusammenfassung	4
2	Herausforderung Energiewende	5
3	Orientierung und Ziele	6
4	Erreichbare CO ₂ -Minderungen	7
5	Handlungsbedarf	8
5.1	Energieversorgung	8
5.2	Industrie	9
5.3	Gebäude	9
5.4	Wärmeversorgung	10
5.5	Verkehrssektor	11
5.6	Energieforschung	11

1 Zusammenfassung

Die Energiewende, also der geplante und bereits begonnene Umbau des Energieversorgungssystems Deutschlands hin zu erneuerbaren Energien und höherer Energieeffizienz bei Wahrung der Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit, stellt aus Sicht des VDI ein ehrgeiziges, aber erreichbares Ziel der Bundesregierung dar. Der VDI setzt sich zur Aufgabe, die Energiewende aktiv und maßgebend mitzugestalten. In dieser Herausforderung sehen wir ein faszinierendes und anspruchsvolles Arbeitsfeld für Ingenieurinnen und Ingenieure sowie die Chance, neue Arbeitsplätze in Deutschland zu schaffen.

Eine wesentliche Begründung für die Energiewende ist das Ziel des Klimaschutzes über die Reduktion der Treibhausgasemissionen. Diese setzen sich aus den CO₂-Emissionen und den äquivalenten Emissionen verschiedener anderer Treibhausgase zusammen. 83 Prozent aller Treibhausgasemissionen in Deutschland sind energiebedingt, also unmittelbar an den Energieverbrauch gekoppelt. Klimaschutz bedeutet deshalb vor allem eine Entkarbonisierung der Energiewirtschaft neben Effizienzsteigerung und Energieeinsparung.

Der **Schutz des Klimas** und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind insbesondere globale Aufgaben. Mit seinem Anteil von jeweils 2,5 Prozent am weltweiten Primärenergieverbrauch und an den globalen CO₂-Emissionen kann Deutschland den Trend zunehmender Treibhausgasemissionen aber nicht allein umkehren. Deutschland kann und sollte aber beim Klimaschutz eine Vorreiterrolle einnehmen. Als eine auf dem Gebiet der Energietechnik führende Industrienation kann Deutschland insbesondere über den Export hocheffizienter Energie- und Umwelttechnik, energieeffizienter Investitionsgüter und entsprechend hergestellter Produkte maßgeblich Einfluss auf den weltweiten Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen nehmen. Der VDI sieht darin eine große Chance für die deutsche Wirtschaft und für weiteres Wirtschaftswachstum.

Die Bundesregierung sollte unbedingt davon absehen, ihre äußerst ambitionierten Ziele für die Klimagasreduktion und die Senkung des Energieverbrauchs durch die Vorgabe eines bestimmten Technologiemix erreichen zu wollen. Stattdessen muss die Erreichung der gesetzten Ziele **technikoffen** erfolgen. Niemand kann die technischen, wirtschaftlichen und sozialen Entwicklungen über Jahrzehnte verlässlich vorher-

sagen. Deshalb muss das Energiesystem so flexibel gestaltet werden, dass es sich marktwirtschaftlich an neue Bedingungen und Entwicklungen anpassen kann und Handlungsspielraum bei neuen Rahmenbedingungen verbleibt. Der VDI empfiehlt die Entwicklung einer Vielzahl von Technologien, die im Zusammenspiel einen Beitrag zur Meisterung der Herausforderungen leisten können, selbst wenn diese Technologien heute noch nicht alle wirtschaftlich sind.

Das deutsche **Energiesystem darf nicht isoliert betrachtet werden**. Es ist vielmehr mit den Energiesystemen anderer Länder eng verbunden. Darüber hinaus sind national wie international die Erreichung zahlreicher politischer Ziele direkt oder indirekt mit den Energiesystemen verbunden. Zu diesen Zielen gehören neben dem Schutz des Klimas z. B. auch der Schutz natürlicher Ressourcen, die Anpassung an den Klimawandel, die Nahrungsmittel- und Trinkwasserversorgung sowie wirtschaftliches Wachstum und Beschäftigung. Es ist daher von größter Bedeutung, die Interdependenzen zwischen den Energiesystemen der Länder sowie zwischen der Energiepolitik und den anderen Politikbereichen angemessen zu berücksichtigen. Ein wichtiger Meilenstein wäre ein weitgehend harmonisiertes Energiekonzept der EU, das gleichwertig die Säulen Klima- und Umweltschutz, Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit der Energieversorgung berücksichtigt. Die Bundesregierung sollte sich entschieden für ein derartiges Konzept auf EU-Ebene einsetzen.

Die bis zum Jahr 2050 von der Bundesregierung angestrebte weitgehende Entkarbonisierung der Energiewirtschaft und die Reduzierung der Treibhausgasemissionen in Deutschland um mindestens 80 Prozent sind nur unter größten Anstrengungen und durch intensives Zusammenwirken aller europäischen Staaten möglich.

Der VDI fordert eine **Stärkung der Energieforschung**, z. B. bei der Entwicklung von Energiespeichertechnologien, neuen Antriebstechniken im Verkehrsbereich, der Weiterentwicklung der Anlagen- und Systemtechnik bei der Nutzung erneuerbarer Energien. Anreize und staatliche Maßnahmen beim Ausbau erneuerbarer Energien und bei der Sanierung von Gebäuden zur Reduzierung ihres Wärmebedarfs sind daher unabdingbar.

Die **erneuerbaren Energien** sind zusammen mit **Energieeffizienzmaßnahmen** ein zentraler Bestandteil klimafreundlicher Energiewirtschaft. Für den von

der Bundesregierung geplanten Umbau des Energieversorgungssystems bis 2050 muss ihr Anteil im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor weiter deutlich gesteigert werden. Zudem müssen die erneuerbaren Energien besser in das vorhandene Energiesystem integriert werden. Hierzu müssen die heutigen Energieversorgungsstrukturen auch europaweit zu einem technisch, ökonomisch und ökologisch optimierten Energiemix weiterentwickelt werden. Deshalb muss der Ausbau der Übertragungs- und Verteilnetze sowie der Aufbau von steuerbaren Energieerzeugern und Anlagen zur Stromspeicherung beschleunigt werden. Parallel dazu müssen Energieangebot und -nachfrage besser aufeinander abgestimmt werden. Die Versorgungssicherheit ist durch geeignete Maßnahmen wie die Flexibilisierung des Kraftwerkparks zu gewährleisten. Ferner müssen zukünftig mehr die systemischen Zusammenhänge des Wärme-, Strom- und Mobilitätsmarkts in den Vordergrund rücken. Der VDI hält unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen und technischen Aspekten bis Anfang der zwanziger Jahre einen Anteil aller erneuerbaren Energien von bis zu 40 Prozent an der Stromerzeugung für realisierbar.

Fossile Energieträger werden auch zukünftig noch eine wichtige Rolle spielen. Wie lange sie zur Sicherung der Energieversorgung in welcher Höhe erforderlich sind, lässt sich heute jedoch nicht seriös voraussagen. Ziel muss es deshalb sein, die Wirkungsgrade der Kohle- und Gaskraftwerke insbesondere im Teillastbetrieb weiter zu steigern und ihre Flexibilität zu verbessern. Zudem sollten unter Einhaltung der geltenden Umweltschutzaufgaben die kritische Prüfung, Entwicklung und Erprobung von Verfahren zur Gewinnung von Schiefergas (Fracking) sowie

zur Abscheidung, Verwertung und Speicherung von CO₂ stattfinden. Um künftig unter Beibehaltung der Versorgungssicherheit fossile Energieträger substituieren zu können, müssen unter anderem großtechnische Verfahren zur Gewinnung und Speicherung von Wasserstoff, Methan und Methanol aus erneuerbaren Energiequellen entwickelt werden.

Politik und Wirtschaft sollten verstärkt Anstrengungen unternehmen, um über eine **verbesserte Öffentlichkeitsbeteiligung** mehr Akzeptanz für den erforderlichen Bau neuer Energieanlagen und -netze zu erzielen. Es muss über eine sachgerechte Information der Öffentlichkeit erreicht werden, dass insbesondere Pilotanlagen nicht als Festlegung des zukünftigen Energiewegs gesehen und pauschal abgelehnt werden.

Hinsichtlich neuer **Antriebskonzepte im Verkehr** sollte keine einseitige Festlegung auf mit Batterien oder Brennstoffzellen betriebene Elektrofahrzeuge vorgenommen werden. Alternative, in der Entwicklung befindliche Technologien, wie Erdgasfahrzeuge und regenerative Kraftstoffe, weitere Verbrauchsreduktionen bei konventionellen Antrieben sowie ein verbessertes Verkehrsmanagement mit neuen Mobilitätskonzepten können wesentliche Beiträge zum Erreichen energie- und klimapolitischer Ziele leisten.

Im **industriellen Bereich** ist aufgrund neuer effizienter Technologien und Verfahren eine deutliche Senkung der Treibhausgasemissionen erreichbar. Steigende Energiepreise und internationaler Wettbewerbsdruck beschleunigen die Innovation.

2 Herausforderung Energiewende

Das politisch gesetzte Ziel, den Klimawandel zu begrenzen, erfordert eine deutliche Reduktion von Treibhausgasemissionen. Über 90 Prozent aller CO₂-Emissionen sind weltweit energiebedingt. Deutschland ist mit je 2,5 Prozent am weltweiten Primärenergiebedarf und an den CO₂-Emissionen beteiligt. Während in Deutschland der Primärenergieverbrauch seit 1990 bei etwa 14 EJ (Exajoule = 10¹⁸ Joule) stagniert, stieg er weltweit kontinuierlich an, alleine zwischen 2000 und 2012 um 25 Prozent auf 560 EJ. Damit einher ging ein Anstieg der CO₂-Emissionen auf 34 Milliarden Tonnen im Jahr 2011.

Grundsätzliche Voraussetzungen für eine CO₂-Minderung sind die „Entkarbonisierung“ der Energieversorgung, die Steigerung der Energieeffizienz und der sparsame Umgang mit Energie. Kein Land kann die enorme Herausforderung, den Klimawandel zu begrenzen und eine Adaption an die Auswirkungen des Klimawandels vorzunehmen, alleine lösen. Die Bundesregierung sollte sich daher nach Kräften für ein international abgestimmtes Vorgehen bei den Zielen und insbesondere auch bei den Instrumenten (z. B. CO₂-Zertifikate, EEG) einsetzen.

Deutsche Unternehmen sind auf den Weltmärkten in vielen Segmenten gut positioniert, um die neuen Marktchancen durch verstärkten Klimaschutz und höhere Energieeffizienz zu nutzen. Beispielsweise sind deutsche Unternehmen führend bei hocheffizienten Gas- und Dampfturbinenanlagen, Windkraftanlagen, Techniken zur rationellen Energieverwendung,

produktionstechnischen Anlagen sowie bei energieeffizientem Bauen und der technischen Gebäudeausrüstung. Der Export moderner hocheffizienter Energietechnik ist einer der wichtigsten Beiträge, die Deutschland zur Reduktion der Klimagasemissionen in anderen Teilen der Welt leisten kann.

3 Orientierung und Ziele

Die Energiewirtschaft ist geprägt durch notwendige hohe Investitionssummen in sowie lange Nutzungsdauern von Anlagen. Daher müssen energiepolitische Rahmenbedingungen besonders verlässlich und langfristig ausgerichtet sein. Die Bundesregierung hat deshalb Ziele für die CO₂-Minderung und den Anteil einzelner Energieträger an der Energieversorgung sowie für den wärmetechnischen Stand von Gebäuden für die Jahre 2020 und 2050 gesetzt.

Sie strebt dabei eine weitestgehend auf erneuerbaren Energien basierte Stromerzeugung an. Noch nicht ausreichend berücksichtigt ist dabei allerdings die europäische Dimension. Bislang divergieren die Vorstellungen der EU-Mitgliedstaaten hinsichtlich der langfristigen Struktur der Energieversorgung sowie bezüglich der Höhe des Energieverbrauchs beträchtlich. Für die erfolgreiche Umgestaltung des Energieversorgungssystems in Europa ist eine möglichst weitgehende Harmonisierung und Abstimmung der Energiekonzepte der europäischen Mitgliedstaaten anzustreben.

Nach Ansicht des VDI ist es heute weder möglich noch sinnvoll, eine detaillierte Energieversorgungsstruktur und die dafür einzusetzenden Techniken für die kommenden Jahrzehnte vorzugeben. Zahlreiche Faktoren, die unser Energiesystem beeinflussen bzw. auf die das System angemessen reagieren muss, lassen sich nicht zuverlässig voraussagen. Hierzu gehören verschiedene globale Rahmenbedingungen genauso wie gesellschaftliche Entwicklungen oder technische Innovationen und deren gesellschaftliche Akzeptanz.

Ein ausreichendes Maß an Flexibilität im Energiesystem muss sichergestellt werden, z. B. um unerwartete Verzögerungen beim Ausbau erneuerbarer Energien ausgleichen oder um neue Technologien nutzen zu können.

Wichtig ist auch, internationale Entwicklungen kontinuierlich zu bewerten und darauf zu reagieren. Die internationalen Klimakonferenzen haben gezeigt, dass die Ausgangssituationen und Bedürfnisse der einzelnen Länder, ihre Ziele beim Klimaschutz, ihre Prioritäten hinsichtlich bestimmter Energietechniken und -träger und dementsprechend auch ihre Politiken unterschiedlich sind.

Zukünftig werden unter den Aspekten des Klimaschutzes und seiner globalen Auswirkungen die damit häufig in engem Zusammenhang stehenden Fragen der weltweiten Ernährung, der Wasserversorgung und der Verfügbarkeit begrenzter Ressourcen eine entscheidende Rolle spielen. Die Energieversorgung muss ausreichend flexibel sein, um auch hieraus entstehende neue Anforderungen erfüllen zu können.

Der VDI empfiehlt eine Orientierung der Energiepolitik in den nächsten Jahrzehnten an folgenden Grundlinien:

- **Technikoffenheit:** Energie- und klimapolitische Ziele sollten technikoffen und marktwirtschaftlich erreicht werden. Es sollten keine konkreten Vorgaben bezüglich des Energiemix, technischer Lösungen oder einzelner Energietechniken erfolgen.
- **Berücksichtigung unterschiedlicher Ziele:** Das Energiekonzept darf nicht einseitig auf ein Ziel fokussiert sein, sondern muss eine ausgewogene Balance erreichen zwischen den Zielen der Klima- und Umweltverträglichkeit, Ressourcenschonung, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit.
- **Sparsame Energienutzung:** Die Energieeffizienz von Maschinen, Geräten, Verkehrsträgern und Gebäuden im öffentlichen, gewerblichen und privaten Bereich muss weiter gesteigert werden. Unterstüt-

zend wirken z. B. Informationen über Einsparmöglichkeiten sowie konkrete Effizienzvorgaben.

- **Erneuerbare Energien:** Der Ausbau von erneuerbarer Energien sollte weiter vorangetrieben werden.
- **Netzausbau:** Die nationalen und europäischen elektrischen Netze müssen ausgebaut werden unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik, insbesondere der modernen Informationstechnologie (smart grid).
- **Speicher:** Die Entwicklung einer wirtschaftlich tragfähigen Speichertechnik muss weiter verfolgt werden.
- **Neue Technologien:** Alle aussichtsreichen technischen Optionen, die einen Beitrag zu einer CO₂-

ärmeren Energieversorgung leisten können, sollten Entwicklung, Erprobung und einer Tragfähigkeitsprüfung unterzogen werden.

- **Kosten-Nutzen-Verhältnis:** Die jeweiligen Stärken und Schwächen einzelner Energieträger und Energiesysteme müssen realistisch beurteilt werden. Vorrangig sollten diejenigen Technologien genutzt werden, welche die Ziele der Ressourceneffizienz, Versorgungssicherheit sowie der Klima- und Umweltverträglichkeit mit dem geringsten wirtschaftlichen Aufwand erreichen können.
- **Flexibilität:** Ein breiter Mix an verschiedenen Energieträgern und -techniken unter Einschluss fossiler Energieträger sollte genutzt werden, um eine flexible Energieversorgung zu gewährleisten.

4 Erreichbare CO₂-Minderungen

Eine weitgehende Entkarbonisierung des Energiesystems ist möglich, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Bei der Elektrizitätsversorgung müssen die erneuerbaren Energien massiv ausgebaut werden, soweit dies finanziell und technisch machbar ist. Da ihre eingespeiste Leistung jedoch überwiegend von der Verfügbarkeit von Sonnen- und Windenergie abhängig ist, müssen gegenwärtig hauptsächlich fossile Energieträger, wie Kohle und Gas im Verbund mit Wasser- und Biomassekraftwerken, die Residuallast, das heißt die Differenz zwischen der geforderten und der durch erneuerbare Energien eingespeisten Leistung, tragen. Bei Verfügbarkeit geeigneter Energiespeicher und bei weiterem Ausbau der regelbaren Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (z. B. aus Biogas) kann der Leistungsbeitrag fossiler Energieträger weiter substituiert werden.
- Die Industrie sollte ihre Anstrengungen verstärken, trotz steigender Bruttowertschöpfung den

Endenergieverbrauch über die bereits eingeleitete Einführung von Energiemanagementsystemen hinaus weiter zu senken. Die Rahmenbedingungen müssen von der Politik so gesetzt werden, dass die energieintensive Grundstoffindustrie sich bei zunehmendem globalem Wettbewerb nicht zur Abwanderung an Standorte in anderen Staaten gezwungen sieht.

- Der Gebäudeenergiebedarf muss insbesondere durch Dämmmaßnahmen im Altbaubestand auf fast die Hälfte des heutigen Niveaus zurückgeführt werden. Dies erfordert die wärmetechnische Sanierung von rund 90 Prozent aller Gebäude und die vermehrte Nutzung erneuerbarer Energien zur Trinkwassererwärmung und Heizung.
- Im Straßenverkehr ist die Einführung weiterer Energieträger und regenerativer Kraftstoffe sowie auch die Entwicklung und Einführung neuer Fahrzeugkonzepte erforderlich.

5 Handlungsbedarf

Um die von der Politik vorgegebenen Treibhausgas-minderungen und die in Kapitel 3 genannten Grundlinien für ein langfristiges Energiekonzept umzusetzen, sieht der VDI Handlungsbedarf in den nachfolgenden Feldern. Er wurde unter Berücksichtigung der fachlichen Bewertung einzelner Techniken und ihrer Entwicklungsmöglichkeiten sowie dem technischen Innovationspotenzial abgeleitet.

5.1 Energieversorgung

Erneuerbare Energien

Deutschland hat sich eine weltweit führende Rolle bei der Entwicklung von Technologien zur Nutzung regenerativer Energien zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung erarbeitet. Auch bei der Schaffung von Rahmenbedingungen, diese in den Markt zu bringen, war Deutschland bisher sehr innovativ und hat global Maßstäbe gesetzt.

Im Jahr 2012 deckte die Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien 23 Prozent des Bruttoinlandsstromverbrauchs ab. Je ein Drittel davon kam aus der Windenergie und der Biomasse. Darüber hinaus deckten die regenerativen Energien, vor allem die biogenen Festbrennstoffe, 10,3 Prozent des Endenergieverbrauchs an Brennstoffen (ohne Verkehr) und Fernwärme ab. Biokraftstoffe, vor allem Biodiesel und Rapsölmethylester (RME), machten 5,5 Prozent des Kraftstoffverbrauchs aus.

Für den von der Bundesregierung geplanten Umbau des Energieversorgungssystems bis 2050 muss der Anteil der erneuerbaren Energien im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor aber weiter deutlich gesteigert werden. Hierfür müssen sowohl die Anlagen- und Systemtechnik, als auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen weiterentwickelt werden.

Vor allem muss die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien mit dem Aus- und Umbau der Energieinfrastruktur abgestimmt werden. Deshalb muss der Ausbau der Übertragungs- und Verteilnetze beschleunigt werden. Gleiches gilt für den Aufbau steuerbarer Energieerzeuger wie flexiblen Kraftwerken und gasbetriebenen Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen sowie für Anlagen zur Stromspeicherung. Zur Flexibilisierung der Stromerzeugung können virtuelle Kraftwerke beitragen, die aus der Zusammenschaltung fluktuierender und steuerbarer Energiewandler bestehen. Alle Bestandteile der elektri-

schen Wertschöpfungskette – von der Erzeugung über das Übertragungs- und Verteilnetz bis hin zu Speichern und Verbrauchern – sind mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik auszustatten.

Biogene Festbrennstoffe (z. B. Stückholz, Hackgut, Pellets), Biogas, Solarthermie und Geothermie können in Kombination miteinander und/oder mit fossilen Energieträgern helfen, eine sichere, umweltfreundliche und kostengünstige Energieversorgung zu erreichen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf eine Deckung der Nachfrage nach thermischer und elektrischer Energie.

Neben einer weiteren Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs von Verkehrsmitteln sind eine verbesserte Nachhaltigkeitszertifizierung von Biokraftstoffen, die Nutzung von stillgelegten bzw. degradierten Flächen zur Biokraftstoffproduktion sowie die Entwicklung von neuartigen Biokraftstoffen und anderen regenerativen Kraftstoffen (z. B. Power to Gas oder Power to Liquid) erforderlich.

Zukünftig müssen mehr die systemischen Zusammenhänge des Wärme-, Strom- und Mobilitätsmarkts in den Vordergrund rücken. Die energiewirtschaftliche Optimierung zwingt die einzelnen Energiemärkte bzw. -technologien zu einer deutlich besseren Vernetzung. Dies hilft, Synergien zu nutzen, die Versorgungssicherheit zu verbessern und dadurch Ressourcen optimaler einzusetzen.

Darüber hinaus müssen verschiedene Optionen zur Nutzung erneuerbarer Energien möglichst schnell die Wettbewerbsfähigkeit im Energiemarkt erreichen. Deshalb sollten alle Möglichkeiten der Kostensenkung, z. B. durch langfristig angelegte F&E-Maßnahmen sowie eine kontinuierliche Marktentwicklung bei stabilen Rahmenbedingungen, vorangetrieben werden.

Parallel dazu müssen wichtige gesetzliche Rahmenbedingungen wie das Energiewirtschaftsgesetz und das Erneuerbare-Energien-Gesetz so weiterentwickelt werden, dass dem Systemaspekt deutlich mehr Bedeutung beigemessen wird. Im Vordergrund steht hierbei die Kombination unterschiedlicher Energiebereitstellungsoptionen, die bessere Kopplung des Wärme-, Strom- und Verkehrssektors sowie die bessere Integration der erneuerbaren Energien in das Versorgungssystem. Entstehende Lasten müssen hierbei fair verteilt werden. Zudem muss die Versorgungssicherheit gewährleistet sein sowie die

Planungssicherheit für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien und die Weiterentwicklung der Anlagen- und Systemtechnik.

Das Ziel, den Strombedarf in Deutschland ganz oder überwiegend durch erneuerbare Energien zu decken, ist zwar rechnerisch möglich. Die dafür benötigte Systemtechnik, einschließlich der Übertragungsleitungen, ist aber bisher nicht ausreichend verfügbar. Dies wird sich aufgrund der langen Planungs- und Realisierungszeiten infrastruktureller Großprojekte und der dafür aufzuwendenden Kosten auch mittelfristig kaum ändern. Deshalb erachtet der VDI das Ziel der Bundesregierung, den Bruttostromverbrauch bis 2040 überwiegend aus erneuerbaren Energien zu decken, als schwer umsetzbar.

Fossile Energieträger

Die fossilen Energieträger Mineralöl, Erdgas und Kohle decken heute sowohl weltweit als auch in Deutschland etwa 80 Prozent der Energieversorgung ab. Der Sektor Energiewirtschaft verursacht gut 39 Prozent der Treibhausgasemissionen und 45 Prozent der CO₂-Emissionen (356 Mio. t) in Deutschland.

Fossile Energien werden in Zukunft, wenn auch in abnehmendem Maß, noch eine wichtige Rolle im Energiemix spielen. Dies gilt in Deutschland wie auch international. Wie lange und in welchem Ausmaß fossile Energien noch zur Sicherung der Stromversorgung in Deutschland gebraucht werden und in welcher Höhe, lässt sich heute nicht seriös vorhersagen. Dies liegt daran, dass die Höhe der Residuallast für deren Abdeckung sie vor allem benötigt werden, wesentlich von der Verfügbarkeit noch nicht bekannter kostengünstiger Stromspeicher abhängig ist.

Fossile Brennstoffe und erneuerbare Energien bilden auf absehbare Zeit also zwei unverzichtbare Säulen der Energiewende. Konventionelle erdgas- oder kohlebefeuerte Kraftwerke sowie dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen müssen daher im europäischen Stromverbund zusammen mit geeigneten Energiespeichern zu jeder Zeit und bei jedem Wetter zuverlässig die fehlende Leistung ausgleichen. Nur so kann die Versorgungssicherheit weiterhin gewährleistet werden. Der Bau und Betrieb neuer Anlagen zur Stromerzeugung bei geringerer Auslastung erfordert neue politische Rahmenbedingungen für ein geeignetes Marktdesign. Das Vorhalten von Kapazität muss angemessen vergütet werden. Die zentrale und dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung kann zur Erreichung energiepolitischer Ziele und zur Versorgungssicherheit bei verbesserter gesetzgeberischer Flankierung beitragen.

Ziel muss es sein, die Flexibilität sowie die Wirkungsgrade der Kohle- und Gaskraftwerke insbesondere im Teillastbetrieb weiter zu steigern.

Die Politik und Wirtschaft sollten die Bevölkerung besser darüber informieren, welche bedeutende Rolle die fossilen Energieträger zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende spielen müssen, um die notwendige Akzeptanz für fossile befeuerte Kraftwerke zu schaffen. Dies gilt auch für die weitere Entwicklung der CCS-Technologie und für Untersuchungen zur umweltfreundlichen Schiefergasgewinnung.

Kernenergie

Die Bundesregierung hat nach dem Reaktorunfall von Fukushima 2011 den beschleunigten Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 beschlossen. Damit sind das sichere Auslaufen der Stromerzeugung aus nuklearen Brennstoffen sowie die sichere Entsorgung radioaktiver Reststoffe zu gewährleisten. Beides sind langfristige Aufgaben, die unterstützt werden sollten durch die Forschung an neuen Technologien zur Verkürzung der Radiotoxizitätszeiten durch Transmutation.

5.2 Industrie

Der Industriesektor emittiert rund 115 Mio. Tonnen Treibhausgase. Dies entspricht rund zwölf Prozent aller energiebedingten Treibhausgasemissionen. Darüber hinaus werden durch industrielle Prozesse, wie der Zementherstellung, noch einmal 69 Mio. Tonnen pro Jahr freigesetzt. Zur Reduktion der Emissionen sind weitere Verbesserungen bei der Energieeffizienz notwendig. Der VDI hält diese im industriellen Bereich aufgrund neuer Technologien und Verfahren für erreichbar. Der bisherige gesetzliche Rahmen über die Einführung von Energiemanagementsystemen und der EU-Energieeffizienzrichtlinie ist nach Erachten des VDI geeignet und ausreichend. Motor der Effizienzsteigernden Innovationen sind dabei steigende Energiepreise, internationaler Wettbewerbsdruck und Forderungen der Kunden nach energieeffizienten und ressourcenschonend hergestellten Produkten. Die Politik hingegen sollte von weiteren regulatorischen Forderungen absehen, um die Wettbewerbsfähigkeit nicht zu gefährden.

5.3 Gebäude

In Deutschland entfallen rund 40 Prozent des Endenergieverbrauchs und etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen auf die Gebäudeklimatisierung. Die Energieeffizienz- und Klimaschutzziele der Bundesregierung können

daher nur erreicht werden, wenn der Verbrauch an Wärmeenergie in den Gebäuden weiterhin deutlich abnimmt. Dazu muss u. a. durch Wärmedämmung und Rückgewinnung eine möglichst rationelle Energienutzung sowie der Einsatz effizienter Konversionstechnologien, primär auf der Basis erneuerbarer Energien, realisiert werden. Nur so können die Zielwerte für Neubauten sowohl unter technischen als auch wirtschaftlichen Gesichtspunkten erreicht werden.

Das „Null-Energiehaus“ ist im Neubau bereits heute realisierbar. Allerdings liegt der Anteil des Neubaus am gesamten Gebäudebestand unter einem Prozent. Das heißt, dass auch eine hohe Energieeffizienz im Neubau keine nennenswerten Effekte auf Energiebilanz und CO₂-Minderung des gesamten Gebäudebestands haben wird.

Dringend geboten ist daher die Steigerung der Effizienz bei den meisten bereits bestehenden Gebäuden. Im Altbestand gibt es viele technische Möglichkeiten zur Energieoptimierung der Gebäude, auch unter Berücksichtigung baukultureller Aspekte. Jedoch muss auch hier eine energetische Optimierung wirtschaftlich sinnvoll durchführbar sein. Bei den derzeitigen Energiepreisen und Anreizprogrammen ist dies in vielen Fällen nicht der Fall, weshalb Sanierungsmaßnahmen oft unterbleiben. Der Fokus von Politik und Wirtschaft sollte sich zudem sowohl auf Wohngebäude als auch auf Nichtwohngebäude richten. Gerade bei Nichtwohngebäuden gibt es aufgrund der besonderen Anlagengrößen noch sehr große Einsparpotenziale.

Der VDI spricht sich für die Erarbeitung einer „Roadmap Gebäudesanierung“ mit folgenden Schritten hinsichtlich der Gebäudeenergetik und der Nutzung erneuerbarer Energien bis 2050 aus:

- Energieoptimierung im Bestand,
- Anlagenoptimierung und Energiemonitoring,
- Einsatz ressourcenschonender Technologien auf der Basis erneuerbarer Energien,
- energetische Optimierung der Gebäudehülle unter Berücksichtigung baukultureller Aspekte.

Um notwendige Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz und zur Minderung der Klimagasemissionen auszulösen, bedarf es zusätzlicher Anreizmaßnahmen.

Einen wichtigen Rahmen für die Verbesserung der Energieeffizienz in Gebäuden setzt die Bundesregierung mit der Energieeinsparverordnung (EnEV). Viele Bauherren und Kommunen haben die Anforderungen

aus der EnEV 2009 zur Senkung des Primärenergiebedarfs in den letzten Jahren bereits um 30 Prozent unterschritten. Eine lediglich geringe Verschärfung der Anforderungen um 12,5 Prozent, wie in der EnEV 2014 angelegt, ist daher nicht ausreichend. Eine Verschärfung der Anforderungen um 20 Prozent hält der VDI für technologisch durchaus machbar und wirtschaftlich vertretbar.

Der VDI empfiehlt zudem eine objektive und transparente energetische Bewertung von Gebäuden und Gebäudetechnik, die auf Bedarfswerten mit festgelegten Innenraumkriterien basieren. Die Angaben zur Energieeffizienz von Gebäuden sollten bei Verkaufs- und Vermietungsanzeigen verpflichtend werden. Hiermit würde eine geeignete Grundlage für weitere finanzielle Anreize für mehr Investitionen in energieeffiziente Gebäudesanierung gelegt. Gesetzliche Vorgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen müssen sozialverträglich sein und das steuerliche Anreizsystem für energetische Sanierungsmaßnahmen sollte ausgebaut werden.

Die Vorgaben bei Sanierung und Neubau öffentlicher Gebäude sollten weiter verschärft werden, damit die öffentliche Hand ihrer Vorbildfunktion gerecht werden kann.

Grundsätzlich spricht sich der VDI dafür aus, dezentral erzeugten Strom unabhängig von der Eigennutzung im Energieausweis und bei der Energieeinsparverordnung (EnEV) zu berücksichtigen. Eine Unterscheidung zwischen dem Eigenverbrauch des dezentral erzeugten Stroms und der Einspeisung ins Netz ist bei einer ganzheitlichen Betrachtung der CO₂-Reduktion sinnlos.

5.4 Wärmeversorgung

Bei Heizungsanlagen bestehen ebenfalls noch Effizienzpotenziale. Diese sollten durch Einregulierung und Monitoring vorhandener Anlagen sowie die Erneuerung von Altanlagen genutzt werden. Auch die Ergänzung der Heizungsanlagen um Komponenten auf Basis erneuerbarer Energien kann heute teilweise bereits wirtschaftlich umgesetzt werden. Der VDI empfiehlt, diese durch Information der Betreiber und durch finanzielle Anreize zu erschließen.

Nach Ansicht des VDI müssen der Wärme-, Strom- und Mobilitätsmarkt besser miteinander gekoppelt werden. Innovative Nah- und Fernwärmeconzepte sollten entwickelt und umgesetzt werden, um erneuerbare Wärmeerzeuger verstärkt zu integrieren. Im Einzelfall ist die Wirtschaftlichkeit von Fernwärmenetzen zu prüfen.

Der durch die Wärmedämmung abnehmende Energiebedarf der Gebäude erfordert eine technische und wirtschaftliche Optimierung der vorhandenen Erdgas- und Fernwärmenetze, die zunehmend weniger ausgelastet werden. Der VDI empfiehlt, durch Rahmenbedingungen sicherzustellen, dass dabei die energieeffiziente Fernwärmeversorgung durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) nicht an Marktanteilen verliert. Der abnehmende Wärmebedarf eröffnet aber auch Chancen für eine energieeffiziente und klimafreundliche Energieversorgung mit Wärmepumpen, Biomasseheizungen, Solaranlagen und Mikro-KWK-Anlagen. Letztere erzeugen Wärme und Elektrizität. Verbunden mit „intelligenter“ Netzsteuerung lässt sich eine Vielzahl kleiner KWK-Anlagen zu virtuellen Kraftwerken bündeln. Diese können bevorzugt zu Zeiten hoher Strompreise und damit wirtschaftlich betrieben werden.

5.5 Verkehrssektor

Der Straßenverkehr verursacht mit etwa 20 Prozent nach der Energiewirtschaft den zweitgrößten Anteil an den energiebedingten CO₂-Emissionen in Deutschland.

Die Güterverkehrsleistung steigt in Deutschland aufgrund des Wirtschaftswachstums langfristig an. Um trotzdem CO₂ einsparen zu können, müssen die konventionellen Antriebe mit Verbrennungsmotoren weiter intensiv verbessert werden. Darüber hinaus muss der Erdölinsatz zugunsten von anderen Energieträgern, (z. B. Biokraftstoffe, Elektrizität und Gas) nennenswert reduziert werden. Hierzu sind die Entwicklung und der Einsatz neuer Antriebskonzepte erforderlich.

Elektromobilität kann in Zukunft einen wichtigen Beitrag zu Umwelt- und Klimaschutz leisten. Der von der Bundesregierung im August 2009 verabschiedete Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität (NEP) ist ein erster Schritt in Richtung Bündelung und Verstärkung von Forschung und Entwicklung sowie zur Marktvorbereitung und Markteinführung von batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen in Deutschland. Elektrofahrzeuge wurden bereits in den Markt eingeführt. Im Jahr 2013 haben alle deutschen Hersteller neue Modelle mit batterieelektrischem Antrieb vorgestellt. Fahrzeuge mit Range Extender und Plug-In-Hybride können ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur Verbreitung des elektrischen Antriebs leisten, da sie längere Reichweiten als rein batteriebetriebene Fahrzeuge ermöglichen sowie erhebliche CO₂-Einsparungen.

Ob sich das ambitionierte Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeuge bis 2020 realisieren lässt, hängt entscheidend davon ab, ob die Reichweite rein batteriebetriebener Antriebskonzepte auf 300 km bis 500 km erhöht werden kann, bzw. ob Kosten und Gewicht wesentlich gesenkt werden können. Die dazu notwendige Steigerung der Leistungsfähigkeit der Speichertechnologie wird bereits vom Staat durch gezielte Forschungsförderung unterstützt, die weitergeführt werden sollte.

Allerdings darf sich die Politik nicht einseitig auf die Förderung des batterieelektrischen Antriebs konzentrieren. Es sollten auch weitere erfolgsversprechende Konzepte (z. B. Elektrofahrzeuge mit Wasserstoff und Brennstoffzelle oder Power-to-Gas zur CO₂-neutralen Versorgung von erdgasbetriebenen Fahrzeugen aus erneuerbaren Energiequellen) vorangetrieben werden, auch wenn sie zurzeit im Vergleich zur bestehenden Technologie noch nicht wirtschaftlich sind. Außerdem müssen technisch auf lange Sicht nicht zu beseitigende Kundennachteile alternativer Antriebe gegenüber rein konventionellen Antrieben durch vom Käufer spürbare Vorteile in der Nutzung zumindest teilweise aufgewogen werden. Dies kann kostenneutral z. B. durch Ausnahmen von Verkehrsbeschränkungen geschehen.

Notwendig sind darüber hinaus ein schlüssiges intermodales Mobilitätskonzept sowie der Ausbau und die Modernisierung der Verkehrsinfrastrukturen, um einen möglichst energieeffizienten Betrieb der Fahrzeuge unabhängig von der zum Antrieb genutzten Energiequelle sicherzustellen.

5.6 Energieforschung

Gemessen an den mit der Energiewende verbundenen Zielen sind die Aufwendungen für die Energieforschung in Deutschland zu gering. Der VDI fordert daher mehr staatliche Forschungsförderung und mehr Anreize für privatwirtschaftliche Forschungsvorhaben. Eine nachhaltige Energieversorgung und -nutzung kann, abgesehen von einem sparsamen Umgang mit Energie, nur durch technische Lösungen erreicht werden. Vorrangige Forschungsaufgaben sieht der VDI in der Entwicklung von leistungsfähigen und kostengünstigen Energiespeichern sowohl für Elektrizität als auch für Wärme. Ihre Verfügbarkeit ist eine Schlüsselgröße der zukünftigen Energieversorgung.

Hinsichtlich Anlagen- und Systemtechnik bei der Nutzung regenerativen Energien sieht der VDI insbesondere in folgenden Bereichen verstärkten Forschungs- und Entwicklungsbedarf:

- Die technologische Weiterentwicklung der Einzelkomponenten von Offshore-Windkraftanlagen (z. B. Fundament, Windturbine), des Anlagenbetriebs sowie der Logistikketten ist notwendig, um Kosten zu reduzieren, die Verfügbarkeit von Anlagen und die Wartungsfreundlichkeit zu verbessern. Notwendig ist auch die Entwicklung weiterer Teststandorte, auf denen diese verbesserten Komponenten getestet werden können.
- Der Netzanschluss und die Verteilnetze müssen verbessert werden zur Bereitstellung einer sicheren Anbindung von Offshorewindparks an das deutsche und europäische Versorgungssystem.
- Bei der Wasserkraft besteht Forschungsbedarf bei der Nutzung niedrigster Fallhöhen sowie hinsichtlich Effizienzverbesserung von Gesamtanlagen, Steuerung und Regelung.
- Bei der Fotovoltaik existiert Forschungsbedarf in allen Teilaspekten der Systemkette, vom Rohmaterial über die Zell- und Modultechnologie bis hin zu Systemkomponenten und Montagetechnik sowie bei der Integration kostengünstiger Stromspeicher in dezentrale Fotovoltaiksysteme unter Beachtung der Versorgungssicherheit.
- Im Mittelpunkt der Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen in der tiefen Geothermie stehen eine kosten- und risikosenkende und produktivitätssteigernde Lagerstättennutzung.
- Die Anlagentechnik zur Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromerzeugung ist vielfach aus

technischer und ökologischer Sicht noch verbesserungsfähig. Dies betrifft z. B. die Weiterentwicklung einzelner Komponenten, systemtechnische Aspekte, Nutzungsgradsteigerungen, Abgasbehandlung bei Feuerungsanlagen sowie die weitere Entwicklung der thermochemischen Biomassevergasung.

- Die Biomassenutzungskonzepte müssen im Hinblick auf eine bessere Schließung der Nährstoff- und Humuskreisläufe weiterentwickelt werden.
- Entwicklungsbedarf besteht auch hinsichtlich Technologien zur Ethanolherzeugung aus Rückständen und Nicht-Nahrungsmittelpflanzen sowie bei der Prozess- und Anlagentechnik für die Biomethanherzeugung.
- Smart-Grid-, Smart-City- und Smart-Home-Technologien müssen entwickelt werden. Die angestoßene Entwicklung einer kontinuierlichen und langfristigen Forschungs- und Entwicklungsstrategie bei den Energiespeichertechnologien muss durch ein adäquates Markteinführungs- und Nutzungskonzept ergänzt werden.

Energieforschung ist interdisziplinär mit anderen Forschungsdisziplinen verknüpft. In fast allen ihren relevanten Gebieten, wie Biokraftstoffe, elektrochemische Speicher und Wärmedämmungsmaterialien, sind Fortschritte in der Chemie und in der Materialforschung von entscheidender Bedeutung für die Energietechnik. Das muss in der Forschungsförderung berücksichtigt werden.

Der VDI

Sprecher, Gestalter, Netzwerker

Ingenieure brauchen eine starke Vereinigung, die sie bei ihrer Arbeit unterstützt, fördert und vertritt. Diese Aufgabe übernimmt der VDI Verein Deutscher Ingenieure. Seit über 150 Jahren steht er Ingenieurinnen und Ingenieuren zuverlässig zur Seite. Mehr als 12.000 ehrenamtliche Experten bearbeiten jedes Jahr neueste Erkenntnisse zur Förderung unseres Technikstandorts. Das überzeugt: Mit 152.000 Mitgliedern ist der VDI die größte Ingenieurvereinigung Deutschlands.

Dr. Ernst-Günter Hencke
Technik und Wissenschaft
Tel. +49 211 6214-416
hencke@vdi.de
www.vdi.de

Dirk Manske
Leiter Politik und Allgemeine Öffentlichkeitsarbeit
Tel. +49 211 6214-354
manske@vdi.de
www.vdi.de