

Mitgestaltung der Energiewende – Zukunftsaufgabe der Facharbeit und Bezugspunkt für eine Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung

Abstract

Nach der Katastrophe in Japan wurden der Ausstieg aus der Kernkraftnutzung und der beschleunigte Umbau unserer Energieversorgung beschlossen. Die nun eingeleitete Nutzung regenerativer Energien wird seit längerem als ein wichtiges Ziel zur Erhaltung unserer Lebensgrundlagen angemahnt. Nachfolgend wird ein Überblick über die Konsequenzen für die gewerblich-technische Facharbeit und die Berufsbildung gegeben. Zunächst wird die technologische Machbarkeit der Energiewende erörtert und auf die damit verbundenen Beschäftigungseffekte eingegangen. Die Mitgestaltung der Energiewende wird als zentrale Zukunftsaufgabe der Facharbeit charakterisiert, die zugleich auch wesentlicher Bezugspunkt für eine nachhaltigkeitsorientierte Berufsbildung ist.

1 Einleitung

Nach dem verheerenden Erdbeben in Japan im März 2011 und der bis dahin ausgeschlossenen Havarie der drei Reaktoren des Atomkraftwerks Fukushima Daiichi wurde in Deutschland in kürzester Zeit eine politische Kehrtwende vollzogen, weg von der Atomenergie und hin zu einer sicheren Versorgung mit regenerativen Energien, wie sie zuvor nicht zu erwarten gewesen war. Ein halbes Jahr zuvor noch hatte die Bundestagsmehrheit gegen den Widerstand der Opposition und großer Teile der Bevölkerung beschlossen, den Ausstieg aus der Kernenergie mit Laufzeitverlängerung der Atomkraftwerke je nach Alter und Zustand von 8 bzw. 14 Jahren weiter in die Zukunft zu verschieben. Nun soll die überfällige Wende hin zu einer Vollversorgung mit regenerativen Energien endlich vollzogen werden. Sie ist aus Gründen des Klimaschutzes und angesichts endlicher fossiler Ressourcen unumgänglich.

Nachfolgend soll der Frage nachgegangen werden, was das für die heutige Struktur der Stromversorgung bedeutet, für Übertragungsnetze und Energiespeicher, für elektro- und metalltechnische Facharbeit und für die berufliche Bildung. Die Technologien für die Energiewende sind vorhanden. Wenngleich eine Versorgung mit 100% erneuerbaren Energien bis 2050 bereits durchgerechnet und damit als realisierbar angesehen wurde sowie die erforderlichen Technologien existieren, bleibt die konkrete Ausgestaltung jedoch noch vage. Der Umbau des Energieversorgungssystems erfordert einerseits erhebliche Investitionen, andererseits sind damit beträchtliche Beschäftigungspotentiale verbunden. Zumal wenn sich die deutsche Industrie mit der zügigen Umsetzung der energiepolitischen Ziele auch einen Technologievorsprung sichert und sich im Bereich regenerativer Energien neue – auch exportrelevante – Geschäftsfelder erschließt. Die Energiewende erfordert qualifizierte Facharbeit, es ist

allerdings noch nicht absehbar, welche Anforderungen der Umbau des Energieversorgungssystems quantitativ und qualitativ stellt. Vor diesem Hintergrund steht die berufliche Bildung vor großen Herausforderungen. Auch wenn zurzeit eine sichere Prognose über die Qualifikationsanforderungen an die handwerkliche und industrielle Facharbeit noch kaum möglich ist, versucht dieser Beitrag einen Überblick über die sich abzeichnenden Entwicklungen zu geben.

2 Technische Voraussetzungen der Energiewende

2.1 Potentiale regenerativer Energien

Mittlerweile haben die erneuerbaren Energien einen Anteil von knapp 9 % (2009) am Primär- und 10 % am Endenergieverbrauch. Beim Stromverbrauch ist der regenerative Anteil mit inzwischen 16 % am höchsten und im Bereich der Wärmebereitstellung durch Solarthermie und Biogas ist der Anteil auf 8,4 % (Vorjahr 7,4 %) gestiegen, während die Werte für Biokraftstoffe aufgrund gesetzlich vorgegebener Quoten bei etwa 5,5 % stagnieren, in den kommenden Jahren aber steigen dürften. 2009 wurden insgesamt 3,4 Mrd. € mit erneuerbaren Energien erwirtschaftet, wovon 17,7 Mrd. € (+ 20 % ggü. 2008) auf die Installation neuer Anlagen entfielen (BMU 2010; StatBA 2011a). Für die absehbare Zukunft sind drastische Steigerungen zu erwarten.

Die Bundesregierung strebt als Energieziel für 2050 eine Stromversorgung von 80 % aus erneuerbaren Quellen an. Das Umweltbundesamt hat mit einer Studie unter Einbeziehung der prognostizierbaren Daten der demografischen und wirtschaftlichen Situation im Jahr 2050 den Nachweis geliefert, dass bis dahin sogar eine Vollversorgung Deutschlands mit regenerativ erzeugtem Strom technisch möglich ist. Dieser Umbau der Stromerzeugung ist sicherlich sehr ambitioniert und erfordert nicht nur, den Anteil der erneuerbaren Energien weiter zu erhöhen, sondern auch das bestehende Energieversorgungssystem insgesamt dafür tauglich zu machen. Dazu ist es erforderlich, von einer bisher überwiegend zentralen zu einer stärker dezentralen Stromerzeugung zu kommen und die Stromversorgung, die Wärmeversorgung sowie die Mobilität als integriertes System zu entwickeln und die Infrastruktur dementsprechend umzubauen. Als Potential wird im Jahre 2050 ein Ertrag von 687 TWh errechnet aus dann installierten Photovoltaik-, Windenergie-, Wasserkraft- und Geothermieanlagen sowie zu einem geringen Teil aus Abfallbiomasse.¹ Damit steht ein Potential erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung zur Verfügung, das den künftigen Bedarf von Haushalten, Handel, Gewerbe, Dienstleistung und Industrie übertrifft. Diese „überschüssige“ Energie wäre für die Versorgung von Elektrofahrzeugen nutzbar.

¹ Die Nutzung von Biomasse beschränkt sich in dieser Studie auf reine Abfallbiomasse, weil der Anbau von Energiepflanzen in Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion und daher als nicht wünschenswert gesehen wird

Tabelle 1: Potentiale erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Jahr 2050 (n. KLAUS et al. 2010, 58)

Technisch-ökologisches Potential (nach konservativer Schätzung)	installierte Leistung (GW)	Ertrag (TWh _{el})
Photovoltaik	275,0	248
Windenergie an Land	60,0	180
Windenergie auf See	45,0	180
Wasserkraft	5,2	24
Geothermie	6,4	50
Abfallbiomasse (nur Biogas)	nach Bedarf	23
Insgesamt		687

Die in der Machbarkeitsstudie zugrunde gelegten Minderungspotentiale des Energieverbrauchs ergeben sich aus der erwarteten vollständigen Durchdringung des Anlagen-, Geräte- und Gebäudebestandes mit den besten, heute am Markt verfügbaren Techniken, Änderungen im Nutzungsverhalten werden hingegen nicht berücksichtigt. Die Studie geht dabei von einer weitgehenden Substitution fossiler Energieträger für die Gebäudeversorgung aus, weil u. a. der zunehmende Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit solarthermischen Anlagen die fossilen Brennstoffe zu einem Großteil verdrängen wird. Dies ist insofern bedeutsam, als etwa 70 % des Energiebedarfs von heute insgesamt 1.840 TWh (2005) in Haushalten, Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie Industrie für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme genutzt werden. Der Brennstoffverbrauch für die Wärmeerzeugung soll nach diesem Szenario bis 2050 von 1.347 TWh auf 378 TWh gesenkt werden. Infolge dieser Substitution und der prognostizierten Zunahme der Elektromobilität wird der Stromverbrauch trotz erheblicher Effizienzsteigerungen im Jahr 2050 insgesamt kaum niedriger sein als im Jahr 2005, jedoch wird der Strom dann fast ausschließlich aus regenerativen Quellen gewonnen (KLAUS et al. 2010, 21).

Tabelle 2: Wandel des Endenergieverbrauchs zwischen 2005 und 2050 nach Anwendungen, Energieträgern und Sektoren (KLAUS et al. 2010, 21)

	2005		2050	
	STROM	BRENNSTOFFE	STROM	BRENNSTOFFE
HH Raumwärme	22,9 TWh	556,9 TWh	30,9 TWh*	0,0 TWh
HH Warmwasser	14,7 TWh	57,2 TWh	5,6 TWh*	0,0 TWh
HH Beleuchtung	11,8 TWh	–	1,8 TWh	–
HH sonst. Anwendungen	83,1 TWh	4,3 TWh	63,5 TWh	0,0 TWh
HH Solar- und Umwälzpumpen	8,5 TWh	–	3,6 TWh	–
Summe Haushalte	141,0 TWh	618,4 TWh	105,4 TWh	0,0 TWh
	759,4 TWh		105,4 TWh	
GHD Raumwärme	10,0 TWh	174,5 TWh	1,9 TWh*	0,0 TWh
GHD Beleuchtung	41,1 TWh	–	18,3 TWh	–
GHD IKT	15,6 TWh	–	7,8 TWh	–
GHD Prozesswärme	9,2 TWh	76,9 TWh	18,4 TWh	62,4 TWh
GHD Kühlen und Lüften	18,1 TWh	0,0 TWh	28,1 TWh*	–
GHD mechanische Energie	29,4 TWh	31,7 TWh**	15,8 TWh	18,6 TWh**
Summe Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	123,3 TWh	283,1 TWh	90,3 TWh	81,0 TWh
	406,4 TWh		171,3 TWh	
Industrie Raumwärme	1,0 TWh	65,7 TWh	5,8 TWh*	0,0 TWh
Industrie Beleuchtung	10,8 TWh	–	8,3 TWh	–
Industrie IKT	9,2 TWh	–	6,4 TWh	–
Industrie Prozesswärme	64,3 TWh	379,3 TWh	50,2 TWh	296,4 TWh
davon < 100 °C	–	53,1 TWh	–	41,5 TWh
davon < 100 °C - 200 °C	–	60,7 TWh	–	47,4 TWh
davon < 200 °C - 600 °C	–	45,5 TWh	–	35,6 TWh
davon > 600 °C	–	220,0 TWh	–	171,9 TWh***
Ind. mechanische Energie	143,3 TWh	–	130,3 TWh	–
Summe Industrie	228,6 TWh	445,0 TWh	201,0 TWh	296,4 TWh
	673,6 TWh		497,5 TWh	
Summe Haushalte, GHD, Industrie	492,9 TWh	1.346,5 TWh	396,7 TWh	377,5 TWh
	1.839,4 TWh		774,2 TWh	
Verkehr, nur Strom	16,1 TWh		71,7 TWh	
Stromverbrauch gesamt			468,4 TWh	

2.2 „Regeneratives Kombikraftwerk“ – Vernetzung dezentraler Anlagen

Die Versorgungssicherheit kann nach dieser Studie ebenso gewährleistet werden, wie der Ausgleich der naturgegebenen Schwankungen (Fluktuation) bei der Stromerzeugung aus regenerativen Quellen und der nutzerabhängigen Stromabnahme, weil sich die unterschiedlichen Erzeugungsarten der erneuerbaren Energien, die Speicher und das Lastmanagement gut ergänzen können. Intelligente Energiesysteme, auch *Smart Grids* genannt, werden dafür sorgen, dass viele Erzeugungsanlagen erneuerbarer Energien mit den Einrichtungen der Stromnetze und den Endgeräten im Haushalt kommunizieren, um somit Energiebereitstellung und -bedarf aufeinander abzustimmen und die Stromnetze zu entlasten.

Mit dem Verbundprojekt „Regeneratives Kombikraftwerk“² konnte der Nachweis geliefert werden, dass sich der Stromertrag der Erzeugungsanlagen hinreichend zeit- und gebietsgenau prognostizieren lässt und eine zuverlässige Stromversorgung mittels moderner Steuerungstechnik gewährleistet werden kann. Dafür stellt der am Projekt beteiligte Deutsche Wetterdienst zeitlich und räumlich hoch aufgelöste Wetterprognosen für die Kurzfristvorhersage für eine verlässliche Berechnung möglicher Energieerträge zur Verfügung. Auf dieser Grundlage wird durch die datentechnische Vernetzung modellhaft ausgewählter, räumlich in der Bundesrepublik verteilter Windkraft-, Photovoltaik- und Biogasanlagen in Kombination mit einem Pumpspeicherwerk zu jeder Zeit und bei jedem Wetter eine verlässliche Stromversorgung allein mit erneuerbaren Energien prognosebasiert und bedarfsgerecht steuerbar.

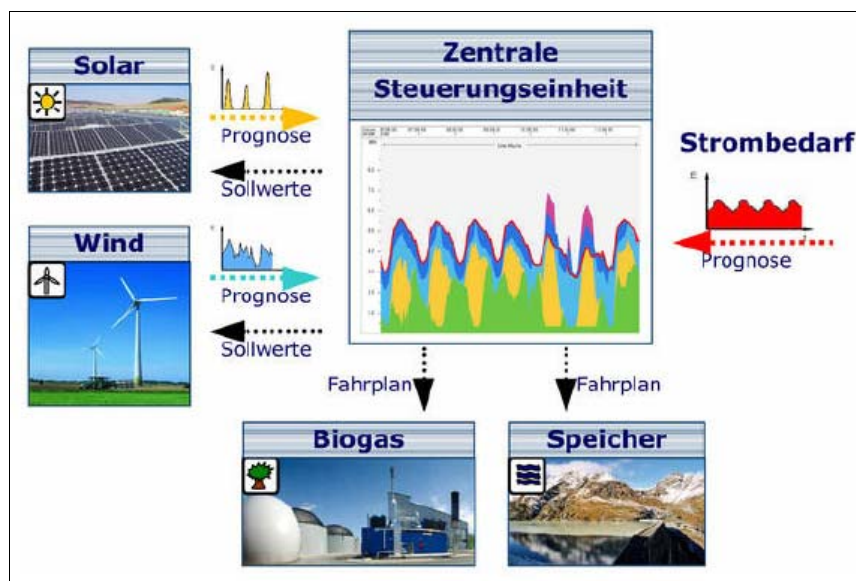


Abb. 1: Funktionsprinzip der vorausschauenden Steuerung auf Grundlage der Ertrags- und Bedarfsprognosen (AEE 2008, 6)

Wenn die verschiedenen erneuerbaren Energien als datentechnisch vernetztes Kombikraftwerk realisiert werden, können Windenergieanlagen und Solarmodule je nach Verfügbarkeit von Wind und Sonne optimal ihren Beitrag zur Stromerzeugung leisten. Sollten Solar- und Windstrom zur Bedarfsdeckung nicht ausreichen, werden in diesem Modellprojekt Biogas und Wasserkraft eingesetzt, die sich vorübergehend speichern lassen und je nach Bedarf in Strom umwandelbar sind, um kurzfristige Schwankungen auszugleichen. Wenn die jeweiligen Vorteile der verschiedenen erneuerbaren Energien auf diese Weise miteinander verknüpft werden, funktioniert das „regenerative Kombikraftwerk“ ebenso zuverlässig und leistungsstark wie ein herkömmliches Großkraftwerk. Es hat sich somit gezeigt, einer Vollversorgung mit erneuerbaren Energien steht technisch nichts im Wege, weil Strom durch eine gemein-

² Weitere Informationen auf der Homepage des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) in Kassel; Online: <http://www.iwes.fraunhofer.de> und <http://www.kombikraftwerk.de> (03-10-2011).

same Regelung kleiner und dezentraler Anlagen bedarfsgerecht und zuverlässig bereitgestellt werden kann.

2.3 Technologien für die Speicherung regenerativer Energien

Die Vollversorgung mit regenerativ erzeugtem Strom erfordert allerdings den Aufbau von ausreichenden Speicherkapazitäten, die es erlauben, für die Überbrückung längerer Phasen mit geringem Ertrag der Wind- und Solaranlagen zwischengespeicherten Strom aus Zeiten mit großem Aufkommen in das Netz einzuspeisen. In der bisherigen atomar-fossilen Stromversorgung war das in diesem Maße nicht erforderlich. Pumpspeicherkraftwerke stellen bisher bewährte Energiespeicher für die Abdeckung von Spitzenlasten dar, werden aber nicht ausreichen, den künftig wachsenden Kapazitätsbedarf zu decken. In Deutschland stehen Pumpspeicherwerke mit einer Kapazität von etwa 7 Gigawatt und einer Gesamtspeicherkapazität von ca. 40 Gigawattstunden (GWh) zur Verfügung. Der Wirkungsgrad dieser Speicher beträgt bis zu 80 % (KLAUS et al. 2010, 43). Ein nennenswerter Ausbau ist aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten in Deutschland und aus ökologischen Gründen kaum mehr möglich und die Inanspruchnahme von Speicherkapazitäten im Ausland würde einen erheblichen Netzausbau erfordern. Die Speichertechnik stellt eine zentrale Herausforderung des neuen Stromversorgungssystems dar, es scheinen aber folgende Weiterentwicklungen teilweise altbekannter Konzepte realistische Perspektiven zu eröffnen:

- **Blei-Säure-Akkumulatoren:** Sie sind die bisher am meisten verbreiteten Akkumulatoren für Anwendungen mit hohem Leistungsbedarf. Die Lebensdauer beträgt je nach Einsatzbedingungen bis 12 Jahre, der Wirkungsgrad liegt zwischen 65 und 90 %. Im Bereich der Erneuerbaren Energien werden diese Akkumulatoren zur Stromspeicherung in PV-Inselanlagen eingesetzt, in einem Pilotprojekt als 1,6 MW-Einheit mit zwei 1,5 MW-Windkraftanlagen, um in Spitzenlastzeiten günstig Strom bereitzustellen. Der Vorteil der Blei-Säure-Batterien liegt vor allem in den geringen Kosten und der Breite möglicher Anwendungen, nachteilig ist der relativ hohe Wartungsaufwand (AEE 2010a, 14 f.).
- **Lithium-Ionen-Akkumulatoren:** Die wartungsarmen Lithium-Ionen-Akkus haben sich in Konsumgeräten und Laptops bewährt. Sie stellen keinen einheitlichen Batterietypus dar, sondern werden mit verschiedenen Lithium-Metalloxiden hergestellt und können so an spezifische Einsatzbedingungen angepasst werden. Die entscheidenden Vorteile dieser Speicher sind ihre geringe Selbstentladung und ihre hohe Energiedichte, weshalb sie grundlegend sind für den Durchbruch der Elektromobilität. An leistungsfähigeren Systemen wird gearbeitet. In absehbarer Zeit wird eine Lebensdauer von 20, langfristig sogar von 40 Jahren erwartet, wobei die Kosten dann auf 160 €/kWh fallen sollen. Die weitere Steigerung der Energiedichte birgt die Zunahme der Gefahr des so genannten „thermal runaway“, bei dem sich die Akkus so stark erhitzen können, dass es zur Explosion kommt (AEE 2010a, 15 ff.).
- **Redox-Flow-Batterien:** Diese seit den 1970er Jahren entwickelten Speichersysteme lassen sich flexibel dimensionieren, weil die Energieumwandlungseinheit und das Speicher-

medium voneinander getrennt sind. Aufgrund dieser Bauweise lassen sich größere Mengen Energie zwischenspeichern. Hier kommen zwei verschiedene Elektrolyte mit gelösten Metallsalzen zum Einsatz, die beim Durchströmen der Energieumwandlungseinheit (deshalb „flow“) nur durch eine Membran voneinander getrennt sind. Als Energiespeicher dienen Tanks, die beliebig groß dimensioniert sein können. In ihnen werden die Flüssigkeiten getrennt von der Batteriezelle – genauer: Energieumwandlungseinheit – gelagert. Wird die Energie wieder benötigt, lässt diese sich leicht aus den Elektrolyten mit einem Gesamtwirkungsgrad von 70 bis 80 % zurückgewinnen. Je nach Auslegung der Batteriezelle lassen sich Leistungshöhe und Laufzeit variieren. Der Vorteil der Redox-Flow-Systeme liegt im nahezu verschleißfreien Betrieb sowie der Eigenschaft, dass sie sich faktisch nicht selbstentladen und deshalb Energie auch sehr lange speichern können. Zink-Brom- und Vanadium-Redox-Batterien sind am weitesten ausgereift und haben sich bereits im kommerziellen Einsatz bewährt (vgl. AEE 2010a, 17 f.).

- **Druckluftspeicher:** Die Zwischenspeicherung von Strom in Druckluftsystemen hat seit 1978 im ersten Druckluftspeicherwerk im niedersächsischen Huntorf ihre Praxistauglichkeit bewiesen. Dieser Energiespeicher arbeitet als Minutenreserve bis heute mit hoher Verfügbarkeit, allerdings bei einem relativ geringen Gesamtwirkungsgrad: Es werden etwa 1,6 kWh Gas und 0,8 kWh Grundlaststrom benötigt, um 1 kWh Spitzenlaststrom zu erzeugen, weil die bei der Kompression erhitzte Luft vor Einlagerung in die Kaverne heruntergekühlt werden muss. Im Bedarfsfall treibt die hier gelagerte Druckluft unter Beimengung von Gas eine Turbine zur Stromerzeugung an. Weiterentwickelte „adiabate Speicherkraftwerke“ (AA-CAES) sollen zukünftig gänzlich ohne fossile Brennstoffe auskommen und dann einen Wirkungsgrad von etwa 70 % erreichen (vgl. BINE 2007).
- **Unterdruckspeicher:** Eine neuere Idee stellen Betonhohlkugeln mit einem Durchmesser von knapp 30 Metern dar, die in 2.000 Meter Tiefe auf dem Meeresboden liegen und mit überschüssigem Strom leer gepumpt werden können. Bei Strombedarf kann das Meerwasser mittels des Wasserdrucks der Tiefsee über Turbinen wieder in die Speicherkugeln geleitet werden. Die Stromrückgewinnung erfolgt hier mit einem Wirkungsgrad von etwa 60 %. Ein Patent wurde bereits angemeldet, die Entwicklung bis zur Praxistauglichkeit erfordert aber noch einige Zeit (KÜFFNER 2011).
- **Salzspeicher:** In der Anlage der solaren Parabolrinnen-Kraftwerke Andasol I-II in der spanischen Provinz Granada wurde ein Salzspeicher installiert, um die Stromlieferung der Kraftwerke unabhängiger von der Sonneneinstrahlung zu machen. Hier wird die Temperatur einer Mischung aus Natriumnitrat und Kaliumnitrat mit solar erhitztem Öl von 292 °C auf 386 °C gebracht. Mit der Abkühlung der 28.500 t Salzlösung zurück auf die niedrigere Temperatur soll ein Vollastbetrieb von 7,5 Stunden bei einer Turbinenleistung von knapp 50 MW möglich werden. Mit dem Kraftwerk Andasol III wird ein weiterer Salzspeicher in Betrieb gehen, der für 8 Vollaststunden Energie bereitstellen soll (vgl. SOLAR MILLENIUM 2011).

- **Wasserelektrolyse:** Mit Solarstrom lässt sich auf dem Weg der Elektrolyse Wasserstoff (H_2) herstellen, der gelagert werden kann und bei Bedarf durch Zugabe von Sauerstoff mit Brennstoffzellen in Wasser rückverwandelbar ist und dann Energie freisetzt. Dieser Prozess der Wasserstoffherstellung mit so genannten Elektrolyseuren wird in der Industrie seit Jahren im großtechnischen Maßstab für die Nutzung von Wasserstoff für chemische Prozesse eingesetzt. Auch die Rückverstromung mittels Brennstoffzellen hat sich bspw. in H_2 -Fahrzeugen bereits in der Praxis bewährt. Die Technik ist unter dynamischen Betriebsbedingungen einsetzbar. Wasserstoff kann auch in Gas- und Dampfturbinen (GuD), die einen hohen Wirkungsgrad haben, CO_2 -neutral zur Stromerzeugung verfeuert werden (KLAUS et al. 2010, 36 f.).
- **Methanisierung:** Wasserstoff lässt sich außerdem durch Reaktion mit CO_2 zu Methan und Wasser umwandeln. Die technische Machbarkeit dieses seit über 100 Jahren bekannten Prozesses konnte in Pilotanlagen belegt werden. Aus ökologischen Gründen ist insbesondere CO_2 aus der energetischen Nutzung von Restbiomasse geeignet, aber auch als Abfallprodukt aus der Zementherstellung, der Kalkbrennung oder anderen Prozessen der chemischen Industrie. Methan hat den großen Vorteil, dass das Gas in das bestehende Versorgungsnetz eingespeist und wie Erdgas in GuD rückverstromt oder in Gasfahrzeugen CO_2 -neutral genutzt werden. Der Wirkungsgrad der Methanisierung liegt bei 80 %. Bei der Rückverstromung mit GuD ist ein Netto-Wirkungsgrad über die gesamte Prozesskette – einschließlich Elektrolyse und Methanisierung – von ca. 35 % erreichbar. Die Verluste sind zwar relativ hoch, die Methanisierung hat aber den großen Vorteil, dass das vorhandene Gasnetz und die jetzt schon verwendeten Gasspeicher genutzt werden können (KLAUS et al. 2010, 35 ff.).

2.4 Speicher und Netze für Strom, Wärme und Gas für Stromversorgung, Wärmebereitstellung und Verkehr

Für die verschiedenen Bedarfsfälle im künftigen Energiekonzept stehen also entsprechende Speichertechnologien zur Verfügung, mit denen sich ein Energieversorgungssystem aufbauen lässt. Wenngleich diese teils noch weiterentwickelt werden müssen bzw. noch Verbesserungspotential aufweisen, sind die technischen Voraussetzungen für die Energiewende grundsätzlich gegeben. Der Ausbau der Speicherkapazitäten erfordert jedoch Zeit und erhebliche Investitionen, sorgt aber auch für Beschäftigung.

Mit den vorgenannten Möglichkeiten sind ausreichende Speicherkapazitäten realisierbar, wobei der Methanisierung aufgrund ihrer Kompatibilität mit dem bestehenden Gasversorgungssystem trotz des relativ schlechten Wirkungsgrades eine besondere Bedeutung zukommt. Insgesamt werden Kavernen- und Porenspeicher zur Bevorratung von Wasserstoff (Rückverstromung in Brennstoffzellen) und Methan (Verbrennung in Gaskraftwerken) mit einer Gesamtkapazität von 625 TWh als nutzbare Speicher angesehen, während die verfügbaren Potentiale von Pumpspeicherbecken als nahezu erschöpft gelten (vgl. KLAUS et al. 2010, 39 ff.; AEE 2010a).

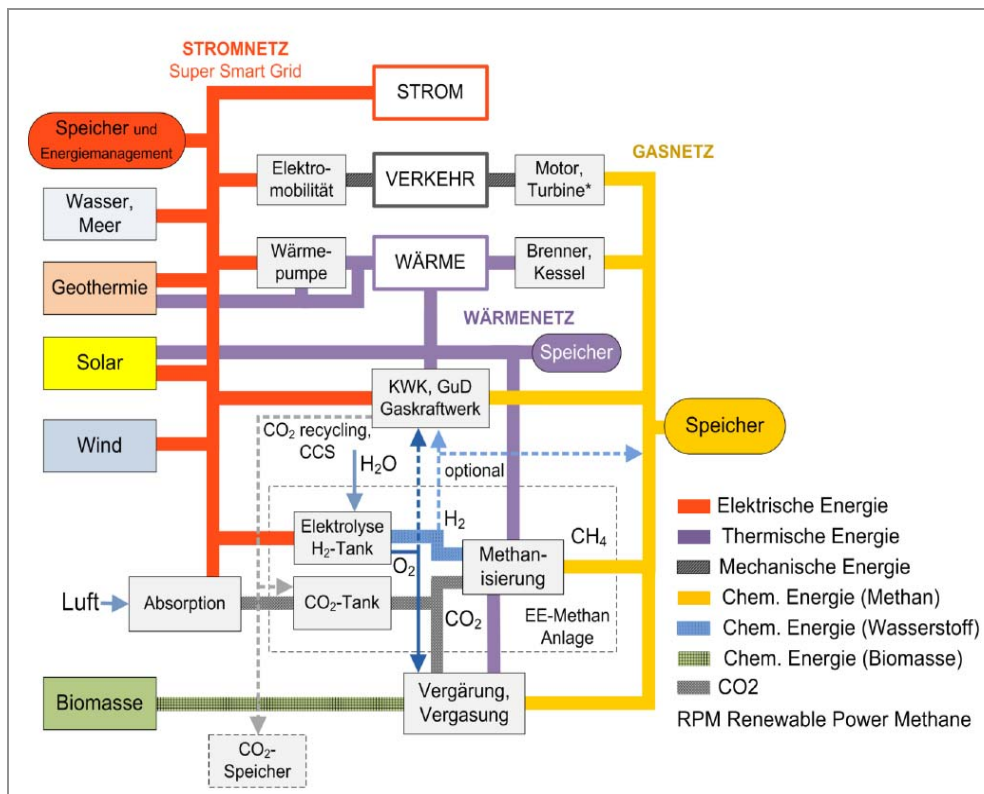


Abb. 2: Strukturdarstellung einer 100 % regenerativen Energieversorgung für Strom, Wärme und Verkehr mit Speichern und Netzen für Strom, Wärme und Gas (STERNER et al. 2009, 57)

Durch die Nutzung der Gasversorgungsnetze und -speicher für regenerativ erzeugtes Methan entsteht aufgrund der damit verbundenen Kompatibilität ein integriertes Energieversorgungssystem mit hinreichenden Speicherkapazitäten und Netzen für Strom, Wärme und Gas, das für Strom- und Wärmeversorgung sowie für Verkehr genutzt werden kann.

2.5 Dezentralisierte Energieerzeugung als regionaler Wirtschaftsfaktor

Der gesellschaftliche Wandel hin zu dezentralisierten regenerativen Energieerzeugungsstrukturen vollzieht sich bereits. So produzieren die Einwohner der Insel Pellworm die doppelte Menge Strom aus regenerativen Quellen, wie sie verbrauchen. Auch das südniedersächsische Dorf Jühnde erzeugt seine benötigte Energie selbst auf der Basis von Biomasse und speist ebenfalls mehr als doppelt soviel regenerativen Strom ins Netz ein, wie der Ort im ganzen Jahr verbraucht. Weitere Beispiele aus allen Teilen der Bundesrepublik ließen sich aufzählen. Seit 2006 haben sich inzwischen 30 deutsche Kommunen und Regionen dem weltweiten *Transition Town Movement* angeschlossen, weil sie nicht mehr länger auf Politik und Verwaltung warten wollen, sondern den geplanten Übergang in eine postfossile, dezentralisierte Wirtschaft selbst vorantreiben wollen.³

³ s. www.pellworm.de; www.bioenergiesdorf.de; <http://www.transition-initiativen.de/>

Dezentrale Energieerzeugung ist nicht nur ökologisch sinnvoll, sondern auch ökonomisch, weil dadurch lokales bzw. kommunales Einkommen generiert wird. Um Aufschluss über diese Effekte zu bekommen, wurden in einer Studie des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) die Wertschöpfungsketten der Energieerzeugung aus Windenergie-, Photovoltaik-, Solarthermie-, Wasserkraft-, Biomasse- und Erdwärmeanlagen des Jahres 2009 untersucht und Prognosen für 2020 errechnet (vgl. AEE 2010b, 5). Dabei sind die ganzen Wertschöpfungsketten betrachtet worden, ausgehend von Anlagenproduktion (z. B. Windkraftanlage oder PV-Module und Wechselrichter) über die Planung und Installation (Standorterschließung, Montage, Netzanbindung usw.) und den Anlagenbetrieb (Instandhaltung, Wartungspersonal, Grundstückskosten, Pachtzahlungen) bis hin zu den Anlagenbetreibern (seien es Privatpersonen oder Gesellschaften), die wiederum Fremdkapitalzinsen, Steuern und Gehälter zahlen und Einnahmen aus der Energielieferung erzielen. In jeder dieser Wertschöpfungsstufen werden jeweils Gewinne, Einkommen und Steuern generiert.

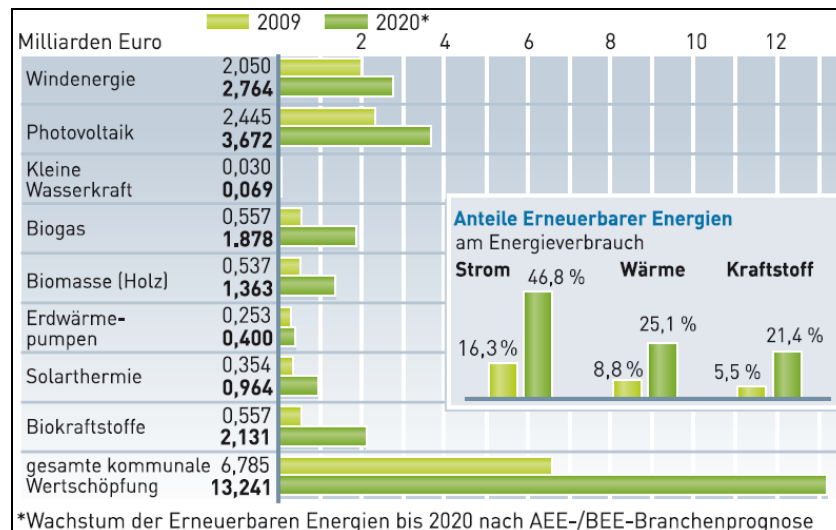


Abb. 3: Gesamte kommunale Wertschöpfung durch regenerative Energien 2009 und Prognose 2020 (AEE 2010b, 15)

Die 2009 erzielte Wertschöpfung durch erneuerbare Energien von 6,785 Mrd. € setzt sich aus 0,624 Mrd. € kommunalen Steuern, 2,878 Mrd. € Unternehmensgewinnen und 3,283 Mrd. € Beschäftigteneinkommen zusammen (ebd., 13). Da die Anlagen nicht vor Ort produziert werden, speist sich die lokale Wertschöpfung i. d. R. aus den Gewinnen aus der Energieerzeugung, dem Einkommen der Beschäftigten durch Installations- und Wartungsarbeiten sowie den Steuereinnahmen der Kommunen. Für 2020 wurde eine nahezu Verdoppelung des Betrages hochgerechnet.

Vor diesem Hintergrund wird die Erzeugung regenerativer Energien gerade in ländlichen Regionen als wichtiger Wirtschaftsfaktor gesehen, mit dem die wirtschaftlichen Folgen des demografischen Wandels und der damit verbundenen Landflucht zumindest teilweise kompensiert werden können. So haben sich bspw. die drei nordhessischen Kommunen Bebra, Rotenburg a. d. Fulda und Alheim im Rahmen ihrer interkommunalen Zusammenarbeit

(ZuBRA)⁴ auf ein gemeinsames Entwicklungskonzept verständigt, das u. a. einen „Masterplan Autarke Energieversorgung“ enthält, nach dem im Jahr 2030 eine autarke Versorgung mit regenerativ erzeugten Energien vorgesehen ist. Mit bisher sechs Solarparks, einem Wasserkraftwerk in Rotenburg, zwei örtlichen Biogasanlagen und einer Windkraftanlage sowie vielen kleineren privaten Anlagen, die nachhaltig Strom erzeugen, kann die Region rechnerisch bereits heute rund 60 Prozent des in den Haushalten benötigten Stroms selbst produzieren. Mit dem Konzept „Bürgerfirma“ ist geplant, genossenschaftliche Ansätze auch im Bereich der Erzeugung von regenerativer Energie zu stärken und deren Ausbau voranzutreiben. Auf diesem Weg sollen die Wertschöpfung aus der Energieproduktion in der Region verbleiben und zahlreiche Arbeitsplätze entstehen. In dem Wirtschaftsfaktor regenerative Energien wird die Chance gesehen, den negativen Entwicklungstrends der prognostizierten Abwanderung aus dem ländlichen Raum entgegenwirken zu können und durch gemeinsames Handeln eine positive Zukunftsoption zu gestalten (ZuBRA 2008).⁵

Dezentrale Stromerzeugungsanlagen können zudem die Belastungen der Verbundnetze reduzieren, vor allem wenn der Strom auch am Entstehungsort genutzt wird. Damit wird auch ein Beitrag geleistet, das Ausmaß des Netzausbaus und die dafür erforderlichen Investitionen zu reduzieren. Dies ist auch insofern wichtig, als sich regional Widerstand gegen neue Stromtrassen formiert, mit denen der Solar- und der Windstrom bundesweit verteilt werden soll, und dieser Widerstand die Energiewende beeinträchtigt. Wenn die Konsumenten auch zu Produzenten der Energie werden, können sie eher ihre Eigeninteressen mit den Zielen des zukunftsorientierten Umbaus des Versorgungssystems verbinden. Zunehmender Eigenverbrauch dezentral erzeugten Solarstroms und ein intelligentes Lastmanagement leisten dabei einen wichtigen Beitrag zur Netzentlastung und vermeiden damit teilweise einen Ausbau der Versorgungsnetze.

2.6 Intelligente Eigenverbrauchserhöhung durch Energiemanagement in Gebäuden

Einen Beitrag zur Netzentlastung leistet auch eine Erhöhung des Energieeigenverbrauchs. Während in der Vergangenheit die Photovoltaikanlagen oder kleinen Blockheizkraftwerke (BHKW) – auch aus fördertechnischen Gründen – überwiegend für die Netzeinspeisung ausgelegt waren, ist eine Trendwende hin zur intelligenten Erhöhung des Eigenverbrauchs im Gebäude der Erzeugung erkennbar. Dafür sind bereits Steuergeräte und Wechselrichter entwickelt worden, mit denen dezentrale Erzeuger unter Einbeziehung von Ertragsprognosen die Eigenverbrauchsquote nachdrücklich erhöhen können. Dies zahlt sich insofern aus, als sich durch die datentechnische Einbeziehung von variablen Tarifinformationen die Kostenstrukturen für Strombezug und Einspeisung optimieren lassen. Aufgrund der Netz entlastenden Wirkung wird der Eigenverbrauch von Solarstrom durch die Novellierung des „Erneuerbare Energien Gesetz“ (EEG) zudem besonders gefördert (vgl. BMU 2011a).

⁴ ZuBRA steht für *Zukunft für Bebra*, Rotenburg a. d. Fulda und Alheim; s. <http://www.zubra.de/>

⁵ Auf einem eigens zu diesem Zweck eingerichteten Energielehrpfad längs des Fernradweges an der Fulda erhalten Interessierte einen Einblick in Energiekreisläufe und in die Möglichkeiten künftiger Energieversorgung durch regenerative Energien.

Mit dezentralisierten Energieerzeugungs- und -versorgungsstrukturen kann das Verteilnetz der Zukunft „zu einem zellularen Energieorganismus mit dezentralen Steuerungsinstrumenten“ (BINE 2011) werden. Aktuell wird in dem Projekt „Modellstadt Mannheim (MOMA)“ ein intelligentes Energieversorgungssystem mit vielen dezentralen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen erprobt.⁶ Konsumenten sollen hier nicht nur in die Lage versetzt werden, Strom dann zu nutzen, wenn er günstig ist und zu wählen, ob sie primäre oder erneuerbare Energie verwenden wollen. Durch die künftigen dezentralen Versorgungsstrukturen sollen sie auch Energieproduzenten und in dieser Doppelrolle als Produzenten und Konsumenten (im Projekt MOMA als Energie-Prosumer bezeichnet) entscheiden, wann sie zu welchen Preisen Strom verkaufen oder erwerben. Gebäude bilden auf diese Weise lokale Verteilnetzzellen elektrischer Energie, die sich untereinander kleinräumig versorgen, aber auch Strom in das Verbundnetz einspeisen und daraus beziehen können. Mit intelligenten Energiemanagementsystemen lassen sich dann insbesondere Haushaltsgroßgeräte wie Waschmaschinen, Trockner und Kühlschränke abhängig von variablen Stromtarifen und vom Versorgungsangebot einschalten. Durch eine zeitliche Verschiebung wird nicht nur mehr Einfluss auf die Höhe ihrer Stromrechnung genommen, sondern auch Stromangebot und -nachfrage besser aufeinander abgestimmt.

Für die erforderliche datentechnische Vernetzung von Energieerzeugung und -verbrauch im intelligenten Haus (Smart Home) wurde mit dem so genannten EE-Bus ein offener Kommunikationsstandard entwickelt, der im Haus installierte Geräte wie PV-Anlagen, Wärmepumpen, Klima- und Kühlgeräte, Wasch- und Spielmaschinen u. a. m. unabhängig vom Hersteller zu kommunizierenden Einheiten datentechnisch verbinden kann.⁷ Der Stellenwert dieser Entwicklung zeigt sich nicht zuletzt in der Zusammensetzung der Projektpartner, die den EE-Bus ab 2012 auf seine Praxistauglichkeit testen wollen; dies sind die führenden Unternehmen der Solartechnik (SMA), der Haushaltgerätetechnik (Miele, Liebherr), der Automatisierungstechnik (Busch Jaeger, Johnson Controls, Eaton Moeller), der Elektronik (E.G.O., Kellendonk), der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik (Vaillant, Alpha-Innotec) und der Unterhaltungs-, Informations- und Kommunikationstechnik (LG, Deutsche Telekom). Ziel ist es, durch intelligente Vernetzung das geschätzte Lastverschiebungspotential von 30 % des Energieverbrauchs im Haushalt (ca. 3,5 GW) zu nutzen, um den gebäudebezogenen Energiebedarf mit der Erzeugung regenerativen Stroms in Einklang zu bringen und teure Spitzenbelastungen des Versorgungsnetzes zu verringern (vgl. LANDWEHRMANN 2011). Dieses Lastverschiebungspotential wird sich mit steigendem Einsatz von Wärmepumpen und Elektromobilen noch weiter erhöhen.

Mit der intelligenten Eigenverbrauchserhöhung durch Energiemanagement verbindet sich ein grundlegender Wandel der Energieversorgungsstrukturen auch in privaten Gebäuden. Die dazu erforderliche haus- oder wohnungsbezogene datentechnische Vernetzung von Energie-

⁶ <http://www.modellstadt-mannheim.de/moma/web/de/home/index.html> (31-10-2011)

⁷ Online: www.eebus.de (hier befindet sich auch der Link zu einem Zeichentrickfilm über den EE-Bus, mit beabsichtigt ist, das Grundverständnis über Fähigkeiten und Möglichkeiten des EEBus-Konzeptes auch für Technik-Muffel verständlich zu machen)

erzeugungsanlagen, Heizungssystemen, Haushaltsgroßgeräten, Klimatisierungseinrichtungen, Beleuchtungssteuerungen usw. stellt eine wichtige Zukunftsaufgabe gewerblich-technischer Facharbeit dar. Dieser Trend kommt auch dadurch zum Ausdruck, dass erstmals Haushaltsgeräte auf der letzten Internationalen Funkausstellung 2011 ausgestellt wurden und zwar solche, die mit Schnittstellen für die Einbindung in intelligente Netze ausgerüstet sind. Insofern macht die skizzierte Entwicklung nicht vor dem Verkauf, der Installation und dem Service so genannter weißer Ware halt.

2.7 Entwicklungen in der Fahrzeugtechnik und deren Einbindung in die Energieversorgungsstrukturen

Durch die Integration der Energieversorgung von Fahrzeugen ist das Verkehrssystem ein Bestandteil der künftigen Energieversorgungsstrukturen. In das vorgenannte intelligente Netz lassen sich intelligente Elektro(hybrid)fahrzeuge integrieren, und zwar nicht nur indem sie dann regenerativ erzeugten Strom „tanken“, wenn auch genügend Strom verfügbar ist. Sondern sie können als so genannte Smart Grid Vehicles auch Strom an das Netz wieder zurückspeisen und somit als dezentrale Speicher für Lastausgleich und Versorgungssicherheit sorgen. Durch attraktive Kostensätze für den Strom in die eine oder andere Richtung lassen sich mit der Rückspeisung interessante Geschäftsmodelle entwickeln, die die Energiekosten für den Nutzer reduzieren (vgl. DGS o. J.).

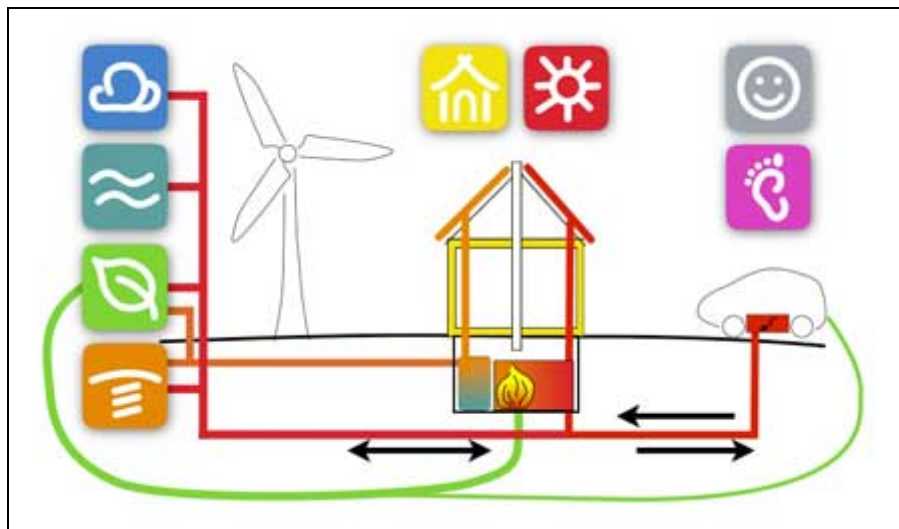


Abb. 4: Solares Energieverbundnetz (DGS o. J.)

In der letzten Zeit machen die Berichte über die Entwicklung von Elektrofahrzeugen deutlich, dass eine zunehmende Stromnutzung im Straßenverkehr zu erwarten ist. Bisher wurde Strom nahezu ausschließlich im Schienenverkehr genutzt. Der CO₂-Ausstoß von Elektrofahrzeugen ist abhängig von der Art der Stromerzeugung und kann bei einem familientauglichen Fahrzeug zwischen 91 g CO₂/km (aktueller deutscher Strommix) über 35 g CO₂/km (Strom aus

Gas-KWK) bis 0 g CO₂/km (reiner Solarstrom) liegen (DGS o. J.).⁸ Erste Elektro-Fahrzeuge wurden bereits Anfang des letzten Jahrhunderts u. a. von Ferdinand Porsche entwickelt, konnten sich aber aufgrund der begrenzten Speicherkapazitäten und der relativ teuren Akkumulatoren in Zeiten vergleichsweise preiswerter Benzin- und Dieselmotoren nicht durchsetzen (vgl. PORSCHE 2010). Auch künftig wird die langfristige Entwicklung der Elektromobilität vor allem vom technischen Fortschritt der Batterietechnik abhängen, insbesondere in Bezug auf die Energiespeicherdichte (angegeben in kWh/kg) sowie den Kosten im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen.

Für die nächsten Jahrzehnte wird weiterhin mit einer Dominanz von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor gerechnet. Derzeit zeichnet sich jedoch ab, dass neben reinen Hybridfahrzeugen auch solche mit Netzanschluss zur Batterieladung mit regenerativ erzeugtem Strom (Plug-In-Hybrid) als langstreckengeeignete Automobile schon bald einen größeren Marktanteil haben werden. Hinzu kommen reine Elektrofahrzeuge, die aufgrund der momentan noch geringen Speicherkapazitäten der Akkus aber zunächst wohl eher für geringere Fahrzyklen im Nahverkehr und als Zweitfahrzeug genutzt werden. In der Studie des Umweltbundesamtes wird mit Blick auf die heute verfügbare bzw. absehbare Technik als Obergrenze davon ausgegangen, dass Plug-in-Hybrid- und reine Elektrofahrzeuge bis 2050 etwa die Hälfte der insgesamt erbrachten Fahrleistung in Höhe von 564,7 Mrd. PKW-Kilometern elektrisch zurücklegen. Bei einem realistischen angenommenen Verbrauch von 20 kWh/100 km würde der gesamte Stromverbrauch für Elektro-Pkw bei 50 TWh liegen (KLAUS et al. 2010, 30).

Eine genaue Prognose ist aufgrund der kaum absehbaren Entwicklung über einen so großen Zeitraum kaum möglich. Bei einer langsameren Entwicklung der Elektro-Mobilität müssten die Potentiale regenerativ erzeugten Stroms im geringen Ausmaß in Anspruch genommen werden. Bei schnellerer Verbreitung würde weniger Strom für die Methanisierung zur Verfügung stehen, aber zugleich würde die höhere Anzahl der Fahrzeugakkus durch die Spielräume in Bezug auf den Ladezeitpunkt die Möglichkeiten des Lastmanagements verbessern, weil Elektrofahrzeuge mit darauf abgestimmten Ladesteuerungen in nicht unerheblichem Maße zu einer Lastglättung und einem Ausgleich der schwankenden Stromeinspeisung von erneuerbaren Energieträgern beitragen können. Zudem besteht grundsätzlich die Möglichkeit, Strom aus Elektrofahrzeugen (Vehicle-to-Grid) wieder zurück in das Netz einzuspeisen, was allerdings Akkus mit einer deutlich höheren Anzahl der Akkuladezyklen voraussetzt, als sie zz. verfügbar sind.

Wenn derzeit die Perspektiven der Elektro-Mobilität erörtert werden, bezieht sich die Diskussion fast ausschließlich auf die Entwicklungen im Pkw-Bereich, die Zukunft des Lkw-, Bus-, Schiff- und Flugverkehrs wird in diesem Zusammenhang kaum thematisiert. Diese Verkehrsmittel benötigen für den Transport größerer Lasten über weitere Distanzen andere Antriebe mit höheren Energiespeicherkapazitäten. Hier können Wasserstoff oder Methan für Schwerlasttransporte einen hohen Stellenwert im künftigen Energieversorgungssystem

⁸ Vergleichbare Fahrzeuge liegen bei 133 g CO₂/km (Diesel) bzw. 154 133 g CO₂/km (Benzin); nicht eingerechnet sind dabei – wie bei konventionellen Fahrzeugen auch – CO₂-Emissionen für die Herstellung der Elektrofahrzeuge, der Speicher, der Infrastruktur usw.

gewinnen, die Entwicklungen sind aber nicht prognostizierbar. Aber auch im Pkw-Bereich werden neben den Plug-In-Hybrid- und den reinen Elektroantrieben weitere Entwicklungslinien wie die Wasserstoffnutzung mittels Brennstoffzellen oder in Verbrennungsmotoren verfolgt und Gasantriebe stellen eine ausgereifte Technik dar, die in den nächsten Jahren einen größeren Stellenwert bekommen könnte. Dies macht deutlich, dass gerade in Bezug auf die Verbreitung der Mobilitätstechnologien für einen solch langen Zeitraum bis 2050 keine verlässlichen Aussagen getroffen werden können. Gleichwohl wird in Deutschland ein „Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität“ mit staatlicher Förderung massiv vorangetrieben (BUNDESREGIERUNG 2011), auch mit dem Ziel, an den Entwicklungsstand ausländischer Autohersteller aufzuschließen.

Einen wirklichen Durchbruch haben Elektroantriebe im Individualverkehr allerdings bereits für Fahrräder geschafft. Bei so genannten E-Bikes oder Pedelecs konnten in den letzten Jahren deutliche Absatzzuwächse registriert werden. Beim klassischen Fahrrad ist ein Umsatzminus zu verzeichnen, was jedoch durch die deutlichen Absatzzuwächse des E-Bikes ausgeglichen wird. Nach Schätzungen des Verbandes des Deutschen Zweiradhandels (VDZ) ist davon auszugehen, dass die für den Bereich der elektrisch angetriebenen Fahrräder prognostizierten Verkaufsstückzahlen von ca. 300.000 Stück in 2011 erreicht werden können, während der Absatz im Vorjahr bei etwa 200.000 lag (EICKELMANN 2011a u. 2011b).

Die Konsequenzen der vorgenannten Entwicklungen für die fahrzeugbezogene Facharbeit lässt sich noch nicht absehen: „Die tatsächlichen Herausforderungen für die Arbeit an Elektrofahrzeugen für Kfz-Mechatroniker/innen und Zweiradmechaniker/innen liegen z. Z. noch völlig im Nebel ... Hier ist festzustellen, dass die großen Anstrengungen im Bereich der Entwicklung von Marktgängigkeit noch kaum auf die Vorbereitung des Arbeitsmarktes und der Berufsbildung in den Bereichen Erstausbildung und Fortbildung übertragen wurden“ (BECKER 2010, 167).

3 Veränderung im Beschäftigungssystem durch die Energiewende

3.1 Absehbare Beschäftigungswirkungen der Energiewende

Die Herstellung, Montage und Wartung von Wärmepumpen, Blockheizkraftwerken und Solaranlagen für Wohnhäuser, Geschäftsgebäude und Industriebauten, der Bau von Windkraft- und Biogasanlagen sowie der notwendigen Speicherkraftwerke, die Installation von Systemen für das Lastmanagement und Gebäudemanagement wie auch die zunehmende Verbreitung von E-Automobilen und der Aufbau der notwendigen Infrastruktur für deren „Betankung“ erfordern die Mitwirkung gut ausgebildeter gewerblich-technischer Fachkräfte. Ohne sie wird diese Energiewende nicht zu schaffen sein.

Tabelle 3: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland 2010 (DLR 2011, 7)

	Beschäftigung durch Investitionen (einschl. Export)	Beschäftigung durch Wartung & Betrieb	Beschäftigung durch Brenn-/ Kraftstoffbereitstellung	Beschäftigung gesamt 2010	Beschäftigung gesamt 2009
Wind onshore	71.300	17.900		89.200	95.600
Wind offshore	6.400	500		6.900	6.500
Photovoltaik	102.100	5.700		107.800	64.700
Solarthermie	8.800	2.300		11.100	13.900
Solarthermische Kraftwerke	2.000			2.000	2.000
Wasserkraft	3.300	4.300		7.600	7.800
Tiefengeothermie	1.100	200		1.300	1.300
oberflächennahe Geothermie	9.100	2.900		12.000	13.200
Biogas	15.900	7.100	12.100	35.100	30.900
flüssige Biomasse stationär	100	1.600	1.200	2.900	3.000
Biomasse Kleinanlagen	9.700	13.600	13.100	36.400	41.400
Biomasse Heiz-/ Kraftwerke	4.300	14.000	6.200	24.500	26.600
Biokraftstoffe			23.100	23.100	26.100
Summe	234.100	70.100	55.700	359.900	333.000
öffentlich geförderte Forschung/Verwaltung				7.500	6.500
Summe				367.400	339.500

Insgesamt haben nach einer Studie des Bundesumweltministeriums 2010 rund 367.400 Beschäftigte im Bereich erneuerbarer Energien (EE) gearbeitet. Damit hat sich die Bruttobeschäftigung dieses Sektors in Handwerk und Industrie in nur sechs Jahren seit der ersten systematischen Abschätzung im Jahr 2004 um etwa 200.000 Arbeitsplätze erhöht bzw. deutlich mehr als verdoppelt (2004 rd. 160.500 Beschäftigte). Die hier ausgewiesene Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien bezieht sich auf die Herstellung, den Betrieb und die Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, die Bereitstellung von Brennstoffen und Biokraftstoffen sowie auf die Zulieferer dieser Bereiche. Für diese Beschäftigungsentwicklung sind auch durch die öffentliche Förderung Impulse gesetzt worden. Ordnet man die Beschäftigtenzahlen den jeweiligen Bereichen der erneuerbaren Energien zu, so entfallen auf die Installation sowie die Nutzung von Anlagen zur Stromerzeugung etwa 73,4 % (264.100 Personen), auf die Wärmeerzeugung ca. 20,2 % (72.700 Personen) und die übrigen 6,4 % auf die Biokraftstoffherstellung (DLR 2010, 5). Die Tendenz ist weiter steigend, teilweise fehlen

mittlerweile bereits in einzelnen Sektoren, wie der Windkraftbranche, dringend benötigte qualifizierte Mitarbeiter. Dieses Problem könnte sich angesichts des prognostizierten Wachstums in diesem Sektor vor dem Hintergrund des demographischen Wandels sogar noch weiter zuspitzen.

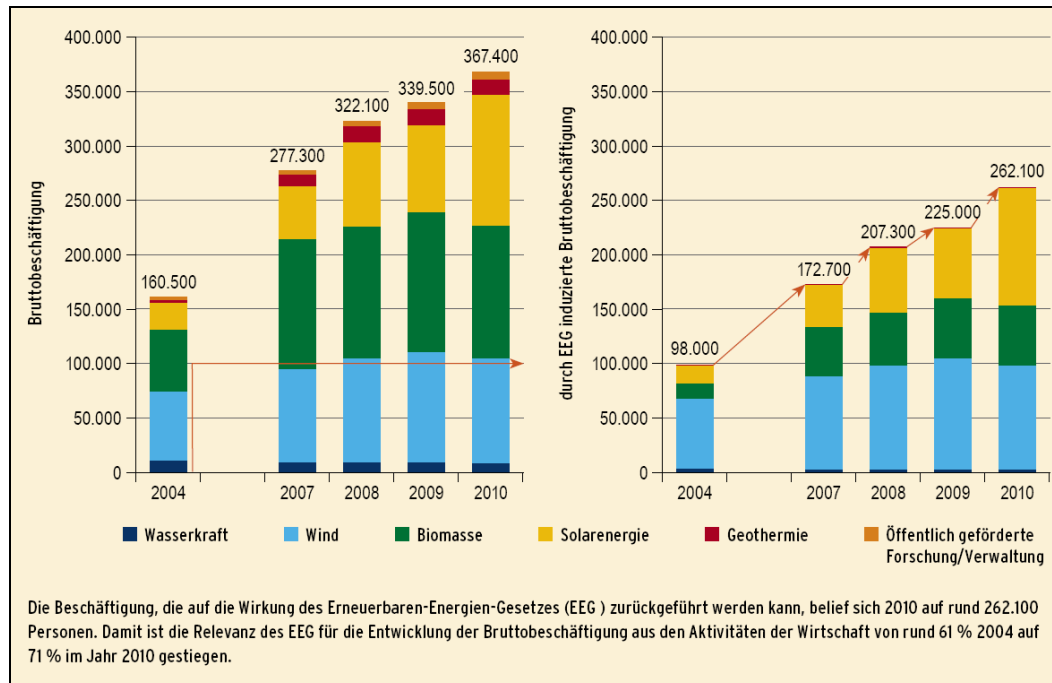


Abb. 5: Entwicklung der Beschäftigung in der Branche der erneuerbaren Energien sowie der EEG induzierten Beschäftigung von 2004 bis 2010 (BMU 2011b, 19)

Mit den Beschäftigungswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien bis 2030 befasst sich eine aktuelle, im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellte Studie. Die hier durchgeführten Berechnungen berücksichtigen mögliche Preisentwicklungen für fossile Energieträger, unterschiedliche Ausbauniveaus der photovoltaischen Stromerzeugung in Deutschland und verschiedene Szenarien für Anlagenexporte (min. auf heutigem Niveau bis max. konstante Handelsanteile bei stark expandierenden Weltmärkten):

- Das **Preisniveau fossiler Energieträger** führt zu unterschiedlichen Strompreisen und beeinflusst folglich die Differenzkosten der erneuerbaren Energien, d. h. hohe fossile Energieträgerpreise verringern die Differenzkosten und beschleunigen den Ausbau erneuerbarer Energien. Pfad A der Studie ist gekennzeichnet durch einen deutlichen Preisanstieg für importiertes Öl, Erdgas und importierte Steinkohle. Der Preispfad B unterstellt dieselbe Relation zwischen den Importpreisen dieser Energieträger, weist aber einen geringeren Anstieg auf.
- Hinsichtlich des **Ausbaus der erneuerbaren Energien** unterstellt das Szenario PV1 in dieser Studie einen Zuwachs von 3 GW/a bis 2020, danach fällt der Zubau bis 2030 auf 2,5 GW/a ab. Das Szenario PV2, das der Zielvorstellung des derzeitigen Förderkorridors

entspricht, geht von einem Zubau von 6 GW/a in 2010, 4,5 GW/a in 2011 und bis 2020 3,5 GW/a aus. Anschließend wird ein Zubaupfad von 2,4 GW/a angesetzt.

- Die heimische Verbreitung von Anlagen zur Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien korrespondiert mit den zu erwartenden **Exportszenarien**. Die in der Studie angenommene Obergrenze (Maximum) ist durch konstante Handelsanteile auf stark expandierenden Weltmärkten gekennzeichnet, an der Untergrenze (Minimum) sind die Exportvolumina auf dem heutigen Niveau konstant. Zwischen diesen beiden Grenzen verlaufen ein sogenannter optimistischer und ein verhaltener Exportpfad.

Diese Betrachtungen lassen bei Zugrundelegung mittlerer Exportniveaus, die durch optimistische und verhaltene Annahmen gekennzeichnet sind, eine Bruttobeschäftigung von 470.000 bis 600.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2030 erwarten. Der stärkste Anstieg wird dabei vermutlich bis 2020 zu verzeichnen sein (LEHR et al. 2011, 198 ff.).

In Abzug zu bringen sind die Arbeitsplätze, die durch die Energiewende im Bereich der fossilen Energieversorgung wegfallen werden. Dennoch „liegt die Nettobeschäftigung in 2030 um mehr als 300.000 Personen höher als ohne einen Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland“ (ebd., 203). Stärker steigende fossile Brennstoffpreise würden den Beschäftigungsanstieg durch erneuerbare Energie weiter beschleunigen.

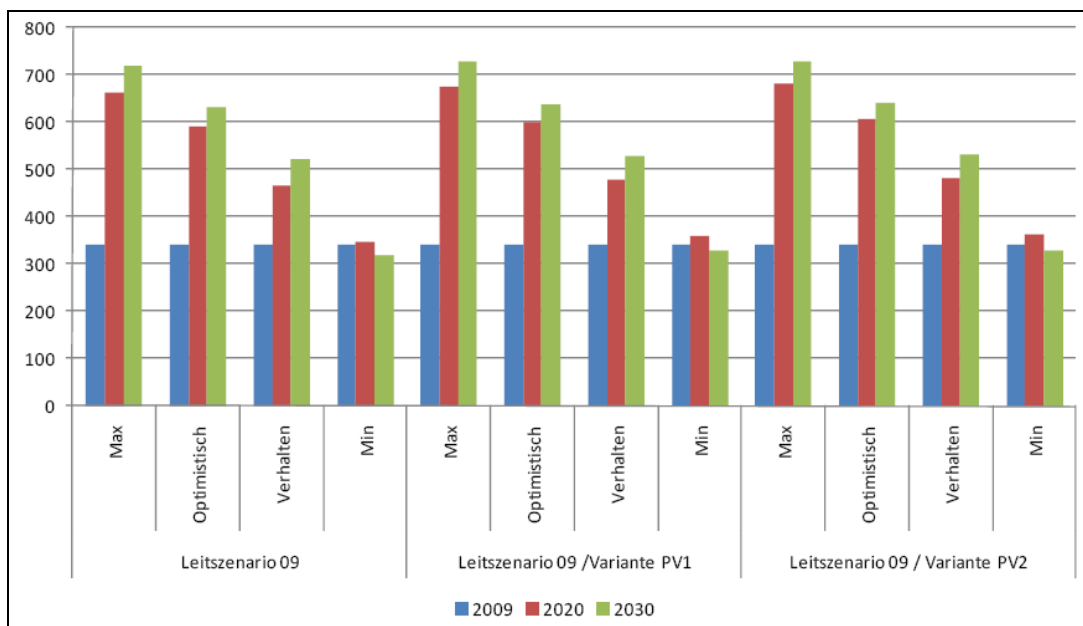


Abb. 6: Beschäftigte (in 1.000) unter verschiedenen heimischen Investitionspfaden und Exportszenarien bei niedrigerem Preispfad für fossile Energieträger bis 2030 (LEHR et al. 2011, 198)

3.2 Qualifikationsniveau und Aufgabenfelder

Die skizzierten Konturen des künftigen Energieversorgungssystems lassen erkennen, dass für dessen Realisierung ein hohes Qualifikationsniveau der damit befassten Fachkräfte erforder-

lich ist. Dies offenbart auch die Studie des Bundesumweltministeriums. Demnach haben im Sektor der erneuerbaren Energien durchschnittlich 82 % der Beschäftigten eine abgeschlossene Berufsausbildung, davon fast 40 % einen Hochschulabschluss. Demgegenüber liegen die Werte im Mittel aller Wirtschaftsbereiche mit knapp 70 % mit abgeschlossener Berufsausbildung und nur knapp 10 % mit einem Hochschulabschluss deutlich niedriger (BMU 2011, 13).

Tabelle 4: Anteil an qualifizierten Mitarbeiter/innen in Unternehmen des Sektors der erneuerbaren Energien (BMU 2011, 13)

	ohne abgeschlossene Berufsausbildung	mit abgeschlossener Berufsausbildung	mit Hochschulabschluss
Photovoltaik	5,8 %	81,7 %	34,7 %
Wasser	1,7 %	93,8 %	57,0 %
Wind	0,9 %	79,7 %	27,1 %
Solarthermie	9,5 %	80,3 %	24,4 %
Solart. Kraftwerke	6,7 %	84,8 %	44,1 %
tiefe Geothermie	2,1 %	85,6 %	50,4 %
oberfl. Geothermie	6,6 %	81,1 %	15,3 %
Biogas	2,5 %	82,5 %	33,1 %
flüssige Biomasse	0,0 %	92,2 %	57,3 %
feste Biomasse	3,1 %	86,5 %	29,7 %
EE gesamt	4,1 %	82,1 %	32,1 %
Fertigungsberufe	22,7 %	63,2 %	0,6 %
Technische Berufe	4,0 %	88,3 %	37,7 %
Insgesamt	15,0 %	69,5 %	9,9 %

Dies betrifft nicht nur die industrielle Herstellung der Anlagen und Systeme, sondern auch deren Installation und Wartung durch das örtliche Handwerk. Die Verbindung von herkömmlichen Elektroinstallationen mit Energiemanagementsystemen sowie der Wandel von Gebäuden als Orte der Energienutzung hin zu dezentralen Kleinkraftwerken markieren die Zunahme an Komplexität und die Anhebung des Qualifikationsniveaus der Aufgaben sowohl im Elektro- als auch im SHK-Handwerk. Die zunehmende Verbreitung von Mikro-Blockheizkraftwerken, Wärmepumpen, Biomasseheizungen, solarthermischen Anlagen und deren energie- und datentechnische Gebäudeintegration erfordert ein systemisches Verstehen und die Fähigkeit zum gewerkeübergreifenden Arbeiten (vgl. KUHLMAYER/ VOLLMER 2011).

Für eine erfolgreiche Energiewende bedarf es aber nicht nur der unmittelbar im Bereich der erneuerbaren Energie tätigen Fachkräfte, sondern aller Beschäftigten, die im Rahmen ihrer Berufsarbeit mit Energienutzung zu tun haben und mit dazu beitragen können, Energie zu sparen. Dies betrifft insbesondere diejenigen, die die Infrastruktur für Produktion und

Dienstleistung herstellen, instand halten und modernisieren. So sieht bspw. der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) ein bisher ungenutztes Stromsparpotential von 27,5 TWh, das durch energetische Optimierung der Antriebstechnik in der Industrie z. B. durch den Ersatz herkömmlicher (häufig un geregelter) Elektromotoren durch elektronisch drehzahl geregelte bzw. Energiesparmotoren (ggf. mit NetZRückspeisung) sowie eine energieoptimierte mechanische Kraftübertragung ausgeschöpft werden kann. Dies entspricht vier Großwerken mit einer Leistung von 1.100 MW – oder anders ausgedrückt: Es wären fast vier der umstrittenen Atomkraftwerke verzichtbar. Damit verbunden sind Kostensenkungen von 2,2 Mrd. € und CO₂-Reduktionen von 17 Mio. Tonnen (ZVEI 2006). Eine solche energetische Infrastrukturoptimierung fällt in den Aufgabenbereich von Industriemechaniker/innen, Mechatroniker/innen, Elektroniker/innen für Maschinen- und Antriebstechnik oder für Automatisierungstechnik und weiterer Industriebereufe. In Büros, Verkaufsräumen, Krankenhäusern, Werkstätten, Schulen. usw. bestehen ähnliche Mitwirkungsmöglichkeiten gewerblich-technischer Facharbeit.

4 Berufliche Bildung an der Schwelle zum Solarzeitalter

4.1 Befähigung zur Mitgestaltung der Energiewende

Die eingeleitete Energiewende stellt zugleich eine Zukunftsaufgabe für die berufliche Bildung und insbesondere für die Berufsschule dar. Ihr Bildungsauftrag beinhaltet, „im allgemeinen Unterricht und soweit es im Rahmen des berufsbezogenen Unterrichts möglich ist auf Kernprobleme unserer Zeit wie zum Beispiel ... Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlage“ einzugehen und die Auszubildenden „zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer und ökologischer Verantwortung (zu) befähigen“ (KMK 2007, 9 f.). Mit der Energiewende vollzieht sich nicht nur ein technologischer Wandel, sondern die Abkehr vom Naturverbrauch zur Absicherung unseres Wohlstandes hin zu einer naturverträglicheren Lebensweise. Dieser Paradigmenwechsel erfordert nicht nur technologisch-pragmatische Lösungen, sondern eine generelle Bewusstseinsänderung, die das Bildungssystem als ganzes betrifft, die Berufsbildung aber insofern im besonderen Maße, als hier mit der Förderung beruflicher Handlungskompetenz ein Kristallisationspunkt des Lernens für weit reichende allgemeine, d. h. auch gesellschaftlich-politische Bildungsprozesse gegeben ist. Der „substantielle Kern der Allgemeinbildung“ ist für Klafki die Auseinandersetzung mit epochaltypischen Schlüsselproblemen im Unterricht: „Allgemeinbildung bedeutet ... ein geschichtlich vermitteltes Bewusstsein von zentralen Problemen der Gegenwart und – soweit voraussehbar – der Zukunft zu gewinnen, Einsicht in die Mitverantwortlichkeit aller angesichts solcher Probleme und Bereitschaft, an ihrer Bewältigung mitzuwirken“, wobei es ihm aber „nicht nur um die Erarbeitung jeweils problemspezifischer, struktureller Erkenntnisse“ geht, „sondern auch um die Aneignung von Einstellungen und Fähigkeiten, deren Bedeutung über den Bereich des jeweiligen Schlüsselproblems hinausreicht“ (KLAFKI 1996, 56 u. 63).

Die Berufsschule kann in diesem Sinne Bildungsprozesse initiieren und einen wichtigen Beitrag für den hier skizzierten Entwicklungspfad der künftigen Energieversorgung leisten, wenn

die diesbezüglich gegebenen Möglichkeiten der Rahmenlehrpläne entsprechend genutzt werden. Für den Umbau des Energieversorgungssystems sind in hohem Maße die energietechnischen Elektroberufe relevant. Dies gilt insbesondere für den Handwerksberuf „Elektroniker/in“ mit der Fachrichtung „Energie- und Gebäudetechnik“, der mit 35.000 Auszubildenden zu den attraktivsten „Männerberufen“ zählt (StatBA 2011b, 28). Im Rahmenlehrplan dieses Handwerksberufs wird dem Kernproblem Energiewende bereits insofern entsprochen, als es dort in den berufsbezogenen Vorbemerkungen heißt: „Die Schüler/innen ... der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik konzipieren energie- und gebäudetechnische Systeme, installieren, parametrieren, programmieren und testen deren Komponenten“ und sie „beachten bei der Planung und Durchführung der Arbeit ergonomische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte; sie minimieren durch Verwendung geeigneter Materialien, verantwortungsbewusstes Handeln und Beachtung von Vorschriften des Umweltschutzes negative Auswirkungen des Arbeitsprozesses auf die Umwelt“ (KMK 2003a, 7). In den konkreten Lernfeldern sind zahlreiche zukunftsrelevante Inhalte genannt wie „Fotovoltaik“, „Kraft-Wärme-Kopplung“, „Brennstoffzelle“, „Wechselrichter“, „Gebäudesystemtechnik“, „Bussysteme und deren spezifische Einsatzgebiete“, „Kundenberatung und -einweisung“, „Verkaufsgespräch“ usw., die für die Energiewende in hohem Maße relevant sind (ebd., 11 ff.).

Die Rahmenlehrpläne anderer energietechnischer Elektroberufe sind nicht in diesem Maße zukunftsorientiert ausgerichtet; hier ist noch umfangreichere curriculare Umsetzungsarbeit erforderlich. Beispielsweise ist die Zielformulierung „die Schülerinnen und Schüler wählen elektrische und pneumatische Antriebe sowie zugehörige Komponenten entsprechend den Prozessanforderungen aus. Sie bewerten die Antriebe hinsichtlich ihrer Eignung, auch unter ökonomischen Aspekten“ im Lernfeld LF 8 „Antriebssysteme auswählen und integrieren“ des Berufs Elektroniker/in für Automatisierungstechnik als kaum geeignet, ganzheitliches Problembewusstsein und zukunftsgerichtete Gestaltungskompetenz zu fördern. (KMK 2003b, 16)

Der Rahmenlehrplan für den Beruf Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik – mit knapp 33.000 Auszubildenden der vierte meistnachgefragte „Männerberuf“ (StatBA 2011b, 28) – ist hingegen durchgängig auf die Anforderungen der Energiewende ausgerichtet. (Beispielhaft sei hier das Lernfeld 15 „Integrieren ressourcenschonender Anlagen in Systeme der Gebäude- und Energietechnik“ genannt, in dem es heißt, die Lernenden „planen anhand von Arbeitsaufträgen den Einbau und das Zusammenwirken ressourcenschonender Geräte, Anlagen und Systeme aus einem der Bereiche Wassertechnik, Lufttechnik, Wärmetechnik, Umwelttechnik/erneuerbare Energien. ... Dabei werden insbesondere Veränderungen hinsichtlich des Einsatzes von Geräten, Anlagen und Systemen aufgrund technologischer, wirtschaftlicher, ökologischer, gesellschaftlicher und nachhaltiger Entwicklungen berücksichtigt und bewertet“ (KMK 2003c, 24). Dieser Rahmenlehrplan macht auch sehr nachdrücklich deutlich, dass es um mehr geht, als „nur“ um die Energiefrage, wenn in den beruflichen Vorbemerkungen hervorgehoben wird: „Die Schülerinnen und Schüler beachten die besondere Verantwortung der Anlagenmechaniker/Anlagenmechanikerin für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik für die Sicherung der menschlichen Lebensgrundlagen im

Zusammenhang mit einer auf Nachhaltigkeit orientierten Energie- und Ressourcennutzung und entwickeln Beratungskompetenz im Hinblick auf die Techniken zur Energie- und Ressourceneinsparung, zur rationellen Energienutzung und zur Nutzung erneuerbarer Energien. Dabei betrachten sie das Haus als energetisches Gesamtsystem und berücksichtigen gewerkeübergreifende Zusammenhänge“ (ebd., 6).

4.2 Es geht um mehr als nur die Energiefrage: Ökologischer Fußabdruck als Maß unseres Naturverbrauchs

Aktuell können wir es uns in unserer globalisierten Welt nicht mehr erlauben, die Sonnenenergie ungenutzt zu lassen und den Raubbau an unseren Lebensgrundlagen fortzusetzen – zumal mittlerweile ehemalige Schwellen- und auch einzelne Entwicklungsländer wirtschaftlich zu den Industrienationen aufschließen und Wohlstand generieren, der ihnen in der Vergangenheit vorenthalten war. Wir in den entwickelten Industrienationen leben bisher auf Kosten der ärmeren Länder, weil wir übermäßig Ressourcen verbrauchen und mit unseren Abfällen und Emissionen künftige Generationen belasten. Diese Lebensweise ist an natürliche Grenzen gestoßen und bietet keine Zukunftsperspektiven, weil sie die Lebensgrundlagen aufzehrt. Eine verantwortungsvolle Nutzung der verfügbaren Ressourcen in allen Lebensbereichen ist daher unabdingbar.

Dass die Bevölkerung in den entwickelten Industrieländern auf Kosten der ärmeren Länder der Erde und der zukünftigen Generationen lebt, lässt sich sehr gut – gerade auch im Unterricht beruflicher Schulen – mit dem so genannten Ökologischen Fußabdruck (ÖF) veranschaulichen. Damit ist es möglich, die Lebensweise einer einzelnen Person, einer Region oder der Weltgemeinschaft zu bewerten, die Effektivität möglicher Maßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung einzuschätzen und Handlungsempfehlungen zu erarbeiten. Der ÖF ist ein Indikator für die „ökologische Tragfähigkeit“ unseres Ressourcenverbrauchs, die nicht allein von unserem biologischen Stoffwechsel bestimmt wird, sondern inzwischen in erheblich stärkerem Maße von unseren Energie- und Materialströmen. Aus Statistiken werden dazu die Flächen ermittelt, die zur Gewinnung, Nutzung und Entsorgung aller in einem Land verbrauchten Materialien, Güter und Energieträger benötigt werden. Damit lässt sich die erforderliche Fläche pro Kopf bei einer bestimmten Lebensweise errechnen und der real vorhandenen biologisch produktiven Fläche gegenüberstellen. Somit kann gezeigt werden, ob und wie viel die ökologische Tragfähigkeit eines Gebietes überschritten ist. So erhält man den ökologischen Fußabdruck einer dort lebenden Person, der sehr anschaulich ist und eine gute Vergleichsmöglichkeit mit anderen Ländern oder Regionen bietet. In Deutschland beträgt der ÖF für eine Person im Durchschnitt 5,32 Hektar (ha), für Berlin sind 4,41 ha/Pers. errechnet worden (vgl. SCHNAUSS 2003) In der Bundesrepublik stehen aber insgesamt nur 1,9 ha/Pers. zur Verfügung. Sehr anschaulich wird das hierin enthaltene Dilemma, wenn man sich vor Augen führt, dass bspw. alle Einwohner Berlins zusammen eine Fläche benötigen, die ca. dem 168-fachen der Stadtfläche entspricht.



Abb. 7: Ökologischer Fußabdruck der Stadt Berlin (SCHNAUSS 2001, S. 12)

Die Problematik unserer Lebensweise zeigt sich, wenn die globale Perspektive eingenommen wird. Bereits vor 10 Jahren wurde im Weltdurchschnitt ein Flächenbedarf von 2,26 ha/Pers. benötigt. Dem steht jedoch nur eine verfügbare Biokapazität von 1,89 ha/Pers. gegenüber. Das bedeutet, dass die Biokapazität schon 1999 um 20 Prozent überschritten war und eigentlich 1,2 Erden als Lebensgrundlage erforderlich gewesen wären, wenn wir nicht auf Kosten der Zukunft leben wollten (SCHNAUSS 2003, 12). Diese Werte verdeutlichen auch unsere Lebensweise zulasten der ärmeren Ländern, die nur eine Fläche von weniger als 1 ha/Pers. beanspruchen. Die Situation wird sich noch dramatisch zuspitzen angesichts des Wohlstandsnachholbedarfs dieser Länder – die Entwicklungen in Indien und China zeigen das sehr deutlich. Darüber hinaus ist überhaupt noch nicht absehbar, inwieweit sich die Verhältnisse in Zukunft darstellen, wenn im Jahr 2050 nicht mehr sechs, sondern mindestens neun Milliarden Menschen die Ressourcen unseres Planeten beanspruchen werden, „selbst wenn sich alle jungen Menschen im Alter von 10 bis 19 Jahren (weltweit 1,3 Milliarden) entscheiden, nur zwei Kinder zu bekommen“ (SINDING 2007, 3). Die Herausforderung besteht also darin, mit den Lebensgrundlagen und der ökologischen Tragfähigkeit unseres Planeten verantwortlich umzugehen. Ziel ist eine nachhaltige Entwicklung, für die ein durchgreifender gesellschaftlicher Wandlungsprozess erforderlich ist, der alle Menschen betrifft und von jedem gelebt werden muss.

Blickt man mit dieser Problemsicht bspw. in den Rahmenlehrplan des Berufs „Industriemechaniker/in“, der mit ca. 50.000 Auszubildenden nach dem Beruf Kfz-Mechatroniker/in der

am zweitstärksten nachgefragte „Männerberuf“ ist (StatBA 2011b, 28), so zeigt sich, dass es teils noch erheblicher Anstrengungen bedarf, den Berufsschulunterricht nachhaltigkeitsorientiert zu gestalten, wenn es in den Lernfeldzielen heißt, die Schüler/innen „beachten die Bestimmungen des Arbeits- und des Umweltschutzes“ (LF1) oder „wenden die Bestimmungen zur Arbeitssicherheit und zum Umweltschutz an“ (LF9) (KMK 2004). Solche im Wesentlichen auf die Vermeidung von Regelverstößen ausgerichteten Formulierungen sind wenig geeignet, auf eine partizipative Verantwortungsübernahme bei der Lösung von „Kernproblemen unserer Zeit“ vorzubereiten, obwohl in der Ausbildungsverordnung für die industriellen Metallberufe auf die Integration des „Nachhaltigkeitsaspekts“ während der gesamten betrieblichen Ausbildung bei der Vermittlung der Kern- und Fachqualifikationen verwiesen wird (vgl. VOLLMER 2008; 2010a u. 2010b). Stattdessen bedarf es einer konsequenten Förderung globaler Zukunftsverantwortung für die Erhaltung unserer Lebensgrundlagen in der Facharbeit.

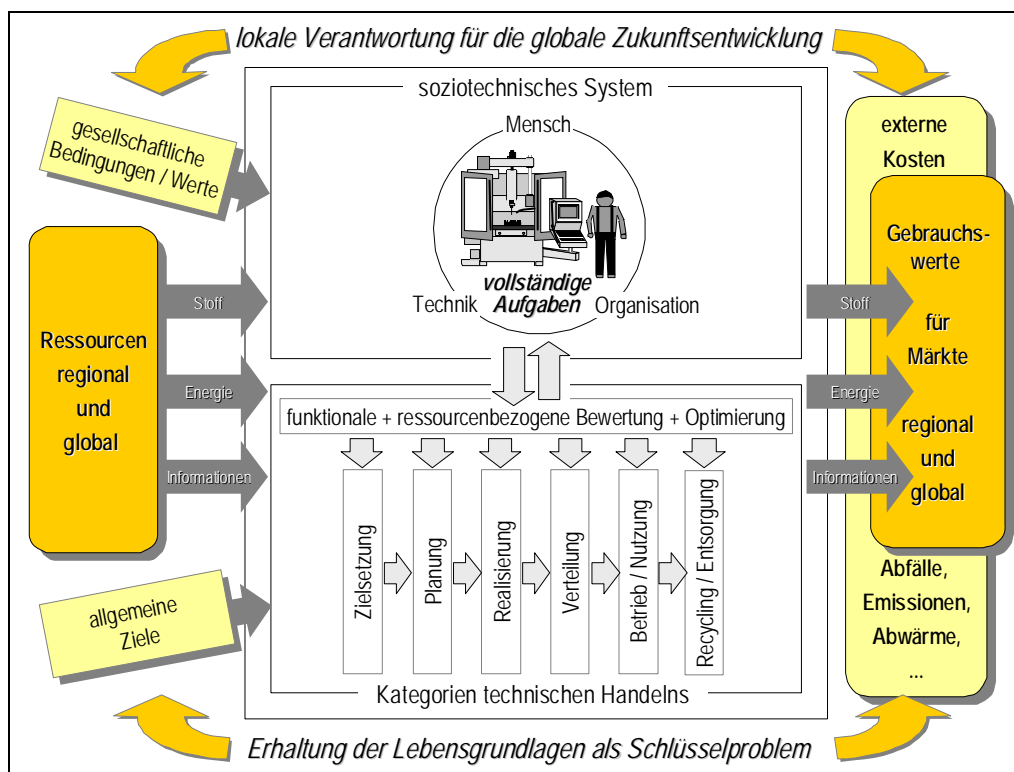


Abb. 8: Erhaltung der Lebensgrundlagen und globale Zukunftsverantwortung in der Facharbeit (VOLLMER 2010b, 156)

4.3 Energiewende als Bezugspunkt für eine nachhaltigkeitsorientierte Berufsbildung

In diesem Sinne wäre ein Berufsschulunterricht, der einen substantiellen Beitrag zur Energiewende leisten will, als „Berufsbildung für eine nachhaltige Entwicklung“ (vgl. VOLLMER 2010 a) auszugestalten, die die Auswirkungen unseres lokalen Handelns für andere Teile der Erde und für künftige Generationen bewusst macht – nicht nur, indem auf Probleme hingewiesen wird, sondern vor allem Lösungsperspektiven aufgezeigt werden, bspw. wie hier

mit der dargestellten technischen Machbarkeit der Energiewende. Die Förderung von Reflektionskompetenz als Teil der Gestaltungskompetenz bedarf einer ganzheitlichen, einer systemischen Betrachtungsweise, die einen Blick nicht nur auf technische Prozesse und Produkte – und sei es eine Photovoltaikanlage – ermöglicht, sondern auf den jeweiligen Arbeitsprozess und die Berufsarbeit im Kontext ihrer gesellschaftlichen Wechselwirkungen. Dies kann erreicht werden, indem der Lernfeldunterricht in Verbindung mit dem berufsübergreifenden Lernbereich den Auszubildenden in der Berufsschule ermöglicht, sich mit der Leitidee der Nachhaltigkeit zu befassen, sich handlungsleitende Kriterien anzueignen, auf dieser Grundlage Arbeitssituationen kritisch-konstruktiv zu betrachten und schließlich nachhaltigkeitsbezogene Handlungsoptionen zu erkennen.

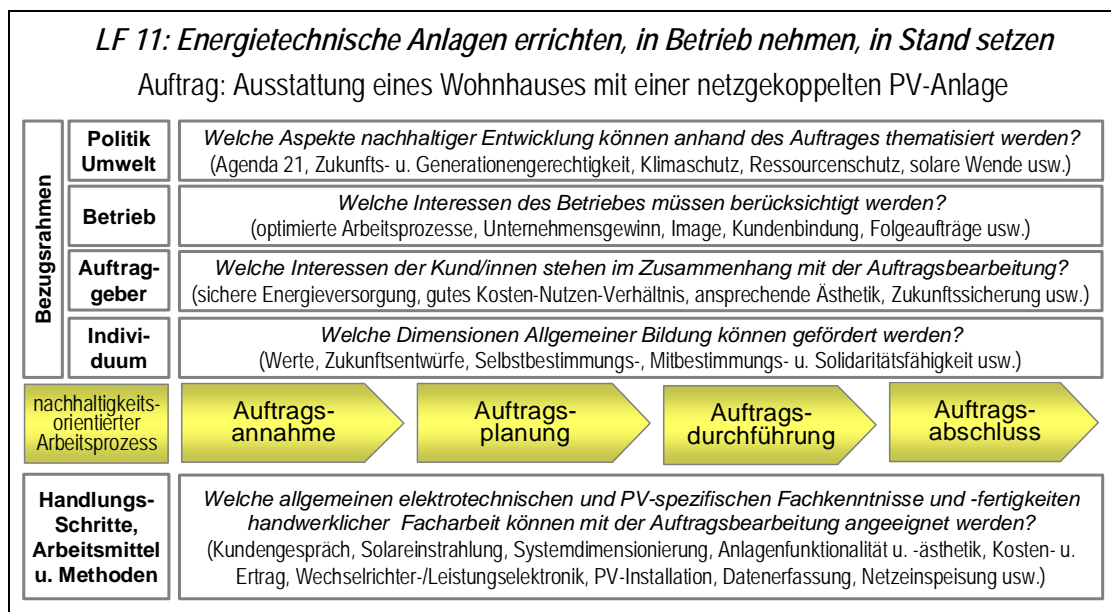


Abb. 9: Nachhaltigkeitsorientierte Umsetzung des Lernfeldes 11 in der Ausbildung Elektroniker/in (VOLLMER 2010a, 111)

Für den Berufsschulunterricht bedeutet das, bei den Auszubildenden für ihre Mitwirkung an der Energiewende ein Bewusstsein dafür zu fördern, dass ihre künftige Arbeit in einen unauflösbaren gesellschaftlichen und ökologischen Zusammenhang eingebunden ist. Bei der Herstellung von Produkten und Dienstleistungen ist es unvermeidlich, Material und Energie zu nutzen sowie Abfälle und Emissionen zu erzeugen. Berufliche Bildung, die die Auszubildenden befähigen will, Mitverantwortung für den anstehenden gesellschaftlichen Wandel und die Erhaltung der Lebensgrundlagen zu übernehmen, muss sie dafür sensibilisieren, dass sie dazu mit ihrer Arbeit einen Beitrag leisten können, wenn sie Ressourcen schonen und ihre Aufgaben umweltgerecht ausführen. Dies kann auch zu einem positiven Selbstwertgefühl und zu einer nachhaltigkeitsbezogenen Berufsidentität führen.

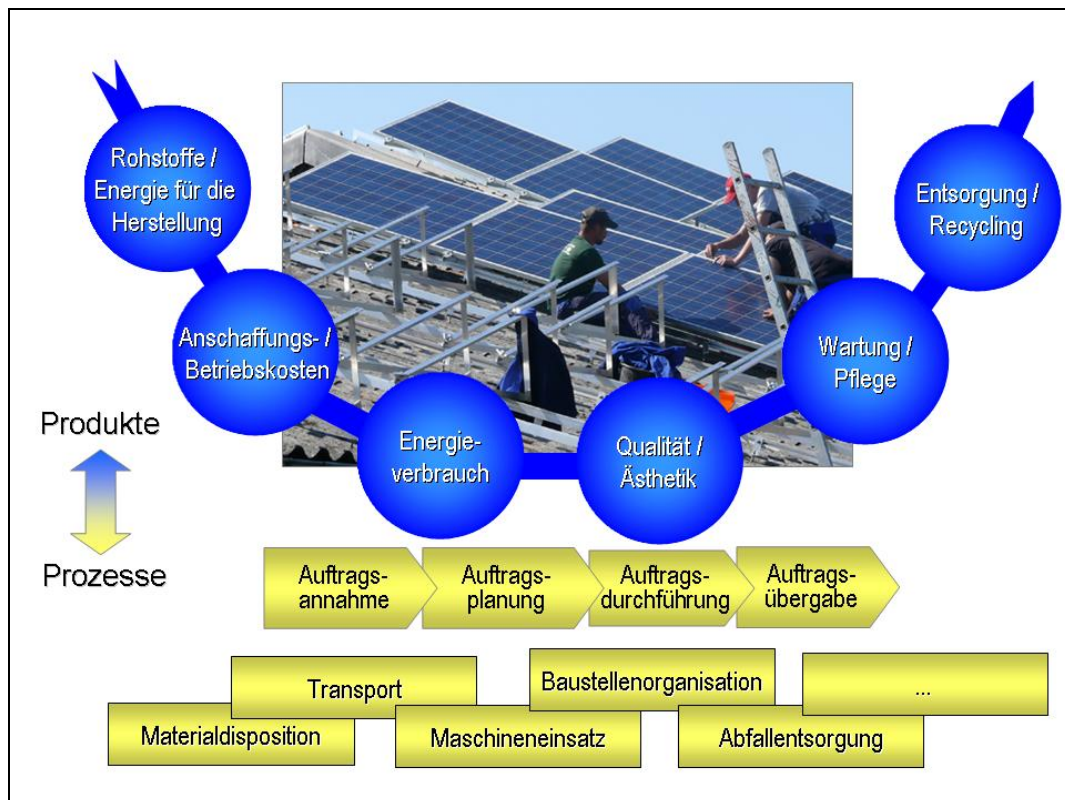


Abb. 10: Produkte und Prozesse der Facharbeit als Bezüge einer beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung am Unterrichtsbeispiel „Ausstattung eines Wohnhauses mit einer netzgekoppelten PV-Anlage“

5 Schlussbemerkung

Die Umsetzung der Energiewende braucht eine Flankierung durch die berufliche Bildung. Der Übergang von unserem tradierten Naturverbrauch hin zu einer naturverträglichen Lebensweise erfordert gerade auch die Mitwirkung der gewerblich-technischen Fachkräfte in Handwerk und Industrie, die die Implementierung entsprechender Technologie bewerkstelligen und dafür über eine spezifische Gestaltungskompetenz verfügen müssen. Den Auszubildenden bewusst zu machen, dass sich die Lebenswelt permanent verändert und sie, wie alle Menschen, mit dem Eintritt in die Arbeitswelt daran mitwirken, unabhängig davon, ob das von ihnen beabsichtigt ist, ist ein zentrales Bildungsziel. Um Verantwortung für das eigene Handeln übernehmen zu können, ist es erforderlich, die damit verbundenen Auswirkungen abzuschätzen und Vorstellungen über die individuelle und die gemeinschaftliche Zukunft zu entwickeln. Auch wenn nicht schon alle Rahmenlehrpläne diesem Bildungsziel verpflichtet sind, bietet das Lernfeldkonzept generell sehr gute Voraussetzungen, die Auszubildenden in die Lage zu versetzen, in ihrer Doppelrolle als künftige Produzenten und Konsumenten von Waren und Dienstleistungen die weitere gesellschaftliche Entwicklung zukunftsfähig mit zu gestalten.

Literatur

AEE – Agentur für Erneuerbare Energien (2008): Hintergrundpapier: Das Kombikraftwerk. Berlin. Online:

http://www.kombikraftwerk.de/fileadmin/downloads/Kombikraftwerk_Hintergrund_080513.pdf (03-10-2010).

AEE – Agentur für Erneuerbare Energien (2010a): Strom speichern. In: Renew's Spezial 29/April 2010. Berlin. Online:

http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/29_Renews_Spezial_Strom speichern_apr10.pdf (30-08-2010).

AEE – Agentur für Erneuerbare Energien (2010b): Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Ergebnisse der Studie des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). In: Renew's Spezial 46/April 2010. Berlin. Online: http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/46_Renews_Spezial_Kommunale_Wertschoepfung_dez10.pdf (03-10-2011).

AEE – Agentur für Erneuerbare Energien (2011): Erneuerbare Arbeitsplätze. Online: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/wirtschaft.html> (03-10-2011).

BECKER, M. (2010): Elektromobilität und Beruf. In: lernen & lehren 100/2010, 162-167.

BINE – Informationsdienst Energieforschung für die Praxis (2007): Integration von regenerativen Stromerzeugern. Druckluft-Speicherkraftwerke. In: Projektinfo 05/2007. Online: <http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/publikation/druckluftspeicherkraftwerke/> (03-10-2011).

BINE – Informationsdienst Energieforschung für die Praxis (2011): Mannheim erprobt virtuellen Energiemarkt. Das Stromnetz wird zum Marktplatz. In: Projektinfo 06/2011. Online: <http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/projektinfos/publikation/das-stromnetz-wird-zum-marktplatz/> (03-10-2011).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Erneuerbare Energien in Zahlen. Bonn. Online: http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf (03-10-2011).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011a): Eckpunkte der EEG-Novelle sowie sonstige Neuerungen für erneuerbare Energien. Berlin. Online: http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/doc/47469.php (03-10-2011).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011b): Erneuerbar beschäftigt! Kurz- und langfristige Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Berlin. Online: http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/46538.php (03-10-2011).

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2011): EEBus: Whitepaper. Berlin. Online: http://www.e-energy.de/documents/EEBus_techn_Whitepaper_V2.pdf (03-10-2011).

Bundesregierung (2011): Regierungsprogramm Elektromobilität. Berlin. Online: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/regierungsprogramm_emob_bf.pdf (03-10-2011).

DGS – Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (o. J.): Solare Mobilität ... als Teil einer ganzheitlichen solaren Energiestrategie. Online: <http://www.dgs.de/sgvs.0.html> (03-10-2011).

DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2010): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2010 - eine erste Abschätzung. Köln: DLR. Online: http://elib.dlr.de/69706/1/ee_beschaeftigung_2010_bf_final.pdf (03-10-2011).

EICKELMANN, S. (2011a): Marktsituation des Fahrradhandels aus Sicht des VDZ. Bielefeld: Verband des Deutschen Zweiradhandels. Online: <http://www.vdz2rad.de/index.php?id=1043> (03-10-2011).

EICKELMANN, S. (2011b): Die Konjunktur im Zweiradhandel. Bielefeld: Verband des Deutschen Zweiradhandels. Online: <http://www.vdz2rad.de/index.php?id=1043> (03-10-2011).

KLAFKI, W. (1996): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim/Basel.

KLAUS, Th. et al. (2010): Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Online: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-1/3997.pdf> (03-10-2011).

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister (2003a): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker/Elektronikerin. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003. Online: <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/elektroniker.pdf> (03-10-2011).

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister (2003b): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Automatisierungstechnik/Elektronikerin für Automatisierungstechnik. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003. Online: <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Elekautomatisierungstechnik.pdf> (03-10-2011).

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister (2003c): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Anlagenmechaniker für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik/ Anlagenmechanikerin für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003. Online: <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/AnlagenmechSaniHeizKlima.pdf> (03-10-2011).

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister (2004): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Industriemechaniker/Industriemechanikerin. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 25.03.2004. Online: <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Industriemechaniker.pdf> (03-10-2011).

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister (2007): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in

der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe (03-10-2011).

KÜFFNER, G. (2011): In der Tiefe der Meere - Hohlkugeln speichern überschüssigen Windstrom. In: Frankfurter Allgemeine v. 01. April 2011. Online: <http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/in-der-tiefe-der-meere-hohlkugeln-speichern-ueberschuessigen-windstrom-1608012.html> (03-10-2011).

KUHLMEIER, W./ VOLLMER, Th. (2011): Prozessbegleitende Evaluation der Fortbildungsinitiative „Handwerk & Energieeffizienz“. Hamburg: Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (unveröffentlichter Bericht).

LANDWEHRMANN, T. (2011): EE-Bus vernetzt Energiewirtschaft mit dem smarten Konsumenten. In: building & automation 4/2011, 18-21.

LEHR, U. et al. (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Osnabrück, Berlin, Karlsruhe, Stuttgart: GWS/DIW/DLR/FhG-ISI/ZSW. Online: http://elib.dlr.de/69042/1/ee_arbeitsmarkt_final.pdf (03-10-2011).

PORSCHE AG (2010): Ferdinand Porsche – Pionier des Hybridantriebs. Köln.

SCHNAUSS, M. (2003): Der ökologische Fußabdruck der Stadt Berlin: im Auftrag der Enquetekommission „Lokale Agenda 21/Zukunftsfähiges Berlin“ des Abgeordnetenhauses von Berlin, 14. Wahlperiode, Juli 2001. Online: http://www.agenda21berlin.de/fussabdruck/download/oef_berlin_abgeordnetenhaus.pdf (03-10-2011).

SINDING, St. (2007): Wachstum der Weltbevölkerung. In: Online-Handbuch Demographie. Hrsg.: Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung. Berlin. Online: <http://www.berlininstitut.org/online-handbuchdemografie/inhalt.html> (30-08-2010).

SOLAR MILLENIUM (2011): Das Parabolrinnen-Kraftwerk Andasol 1 bis 3. Die größten Solarkraftwerke der Welt. Erlangen. Online: <http://www.solarmillennium.de/upload/Download/Technologie/Andasol1-3deutsch.pdf> (03-10-2011).

StatBA - STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (2011a): Pressemitteilung Nr.144 vom 11.04.2011. Erneuerbare Energien deckten 2010 rund 17% des deutschen Stromverbrauchs. Online: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2011/04/PD11_144_433.templateId=renderPrint.psml (03-10-2011).

StatBA – STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (2011b): Fachserie 11, Reihe 3, Bildung und Kultur - Berufliche Bildung. Wiesbaden. Online: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/BildungForschungKultur/BeruflicheBildung/BeruflicheBildung2110300107004.property=file.pdf> (03-10-2011).

SERNER, M. et al. (2010): Erneuerbares Methan. Eine Lösung zur Integration und Speicherung Erneuerbarer Energien und ein Weg zur regenerativen Vollversorgung. In: Solarzeitalter 1/2010, 51-58. Online:
http://www.eurosolar.de/de/images/stories/pdf/SZA%201_2010_Sterner_farbig.pdf (03-10-2011).

VOLLMER, T. (2008): Heute nicht auf Kosten von morgen und hier nicht zu Lasten von anderswo arbeiten und leben. Zukunftsorientierte Berufsbildung für eine nachhaltige Entwicklung. In: lernen & lehren 90/2008, 54-60.

VOLLMER, T. (2010a): Didaktik gewerblich-technischer Fachrichtungen im Kontext der UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: lernen & lehren 99/2010, 107-113.

VOLLMER, T. (2010b): Effiziente Nutzung von Ressourcen – Aufgabe der Facharbeit zur Zukunftsgestaltung. In: lernen & lehren 100/2010, 151-157.

ZuBRA – Interkommunale Zusammenarbeit Bebra, Rotenburg a. d. F., Ahlheim (2008) : Integriertes Handlungskonzept für die interkommunale Zusammenarbeit von Bebra, Rotenburg a. d. Fulda und Alheim. Kurzfassung. Online:
http://zubra.info/app/download/5048016759/ihkon_kurz.pdf (03-10-2011).

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (2006): Energiesparen mit elektrischen Antrieben – Einsparpotentiale in Milliardenhöhe. Frankfurt a. M.

Zitieren dieses Beitrages

VOLLMER, T. (2011): Mitgestaltung der Energiewende – Zukunftsaufgabe der Facharbeit und Bezugspunkt für eine Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. In: bwp@ Spezial 5 – Hochschultage Berufliche Bildung 2011, Fachtagung 08.1/2, hrsg. v. SCHWENGER, U./ HOWE, F./ VOLLMER, T./ HARTMANN, M./ REICHWEIN, W., 1-30. Online:
http://www.bwpat.de/ht2011/ft08/vollmer_ft08-ht2011.pdf (19-11-2011).

Der Autor



Prof. Dr. THOMAS VOLLMER

Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Universität Hamburg
Sedanstraße 19, 20146 Hamburg

E-mail: vollmer@ibw.uni-hamburg.de

Homepage: <http://www.ibw.uni-hamburg.de/>