

# ENERGIEPOLITISCHE TRENDS ZUR GESTALTUNG DES ZUKÜNFTIGEN ENERGIESYSTEMS: WELCHE ROLLE SPIELT DIE WASSERKRAFT FÜR DIE EISENBAHN?

Ludwig PISKERNIK<sup>1</sup>

In diesem Artikel werden wesentliche Denkansätze und Primärinteressen in der Diskussion um die zukünftige Gestaltung des Energiesystems dargestellt. Wasserkraft spielt global und europäisch gesehen eine weniger bedeutende Rolle in der Stromversorgung als in Österreich. Am Beispiel der Wasserkraft als Treibstoff für die elektrische Eisenbahn in Österreich wird diese Besonderheit nochmals hervorgehoben.

## Klima- und energiepolitischer Rahmen

### *Globale Perspektive*

#### **Energiepreise im globalen Vergleich – Wettbewerb der Regionen**

Energiepreise sind in Europa ein Vielfaches höher als in den USA. Eine Deindustrialisierung steht bereits laut Berichten der IEA<sup>2</sup> bis 2035 für die energieintensive Industrie in Europa (und Japan) im Raum. Energiekosten sind für einige Industriezweige (Chemie, Stahl, Aluminium, Zement, Glas und Papier) entscheidend. Energieintensive Sektoren stehen für 20 % der industriellen Wertschöpfung, für 25 % aller Industriearbeitsplätze und 70 % des industriellen Energieverbrauchs. Die Produktion und der Export energieintensiver Güter werden bis 2035 vor allem in den asiatischen Schwellenländern stark zunehmen [1].

Öl und Gas decken 60 % des globalen Energiebedarfs und dies wird sich bis 2030 auch nicht grundlegend ändern laut Aussagen des Vorstandsvorsitzenden von BP<sup>3</sup> Europa. BP ist in Deutschland der größte Kraftstofflieferant und ist auch in der Chemieindustrie tätig. Der Strombedarf von BP in Deutschland beläuft sich auf 4 TWh pro Jahr. Änderungen des Strompreises wirken sich so unmittelbar auf die Wirtschaftlichkeit des Standortes aus. In dem seit 2011 veröffentlichten Energy Outlook von BP wird die Erwartung der Energiezukunft durch das Unternehmen dargestellt. Im Jahr 2013 widmete sich der Outlook der „Shale Gas-Revolution“. Die Shale Gas-Produktion macht heute ein Viertel der US-Erdgasförderung aus, 2005 lag der Anteil noch bei 4 %. Dieser Trend wird sich in den USA fortsetzen und in zwei Jahrzehnten auf 60 % ansteigen. Dies führt in den USA zu einem Verfall des Gaspreises, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Chemieindustrie sinkt. In den USA wird mit 400.000 neuen Arbeitsplätzen in der Chemieindustrie gerechnet. Auch die Strompreise sind in den USA gefallen und betragen teilweise 2 bis 3 cent / kWh [2].

#### **Klimaschutz und Ausbau der erneuerbaren Energien**

Laut aktuellem Bericht des IPCC<sup>4</sup> waren die letzten drei Dekaden seit 1983 die Wärmsten seit 1.400 Jahren auf der nördlichen Hemisphäre. Zur Reduktion der Treibhausgase als auch der Importabhängigkeit setzt man in europäischen Politiken auf den Ausbau von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz. Bis 2035 werden 50 % des Zuwachses an globalen Stromerzeugungskapazitäten durch Erneuerbare bereitgestellt. Die Nutzung der Atomkraft soll um 2/3 steigen. Der Klimaschutz hängt von China ab. China verbrennt derzeit schon mehr Kohle als der Rest der Welt. Laut Prognosen der IEA sind vor allem China, Indien und der Mittlere Osten für den Anstieg der Energienachfrage verantwortlich. China wird im Jahr 2020 der größte Ölimporteur der Welt und Indien der größte Kohleimporteur. Derzeit befindet sich die Erde auf dem Pfad einer Erwärmung um 3,6° [1].

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, wird in den kommenden Jahren der Energieverbrauch zu zwei Drittel von Asien bestimmt. Die OECD<sup>5</sup> Länder nehmen dabei eine untergeordnete Rolle global gesehen ein. Dies spiegelt sich auch in den CO<sub>2</sub>-Emissionen wieder. Waren in den Jahren ab 1960 die OECD

<sup>1</sup> ÖBB-Infrastruktur AG / GB Energie - Interne Services, Praterstern 3, 1020 Wien, Telefonnr.:0043-1-930000-36139, E-Mail: ludwig.piskernik@oebb.at, www.oebb.at/infrastruktur

<sup>2</sup> IEA...International Energy Agency

<sup>3</sup> BP...British Petroleum

<sup>4</sup> IPCC...Intergovernmental Panel on Climate Change

<sup>5</sup> OECD...Organisation for Economic Co-operation and Development

Länder maßgebend für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß, werden es zukünftig nicht OECD Staaten sein, die den Treibhausgaseffekt maßgebend beeinflussen. Ein globales Klimaschutzabkommen ist dringend erforderlich zur Erreichung gesetzter Ziele zur globalen Temperatur-Begrenzung.

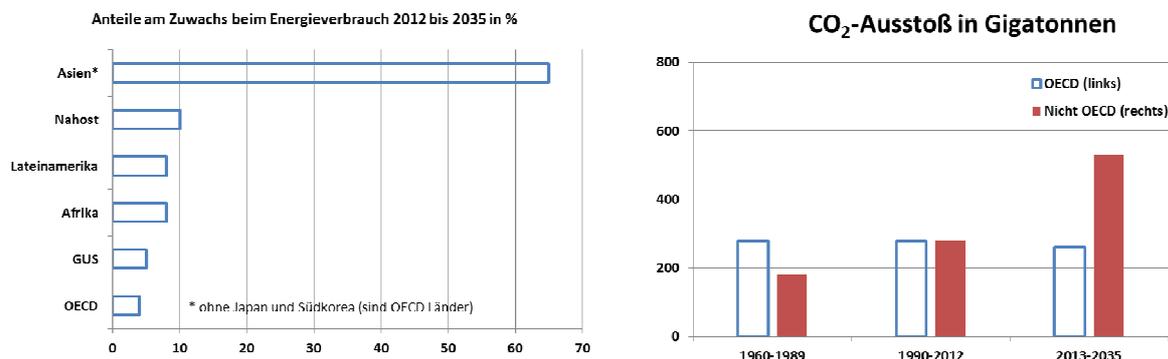


Abbildung 1: Anteil am Energieverbrauch 2012-2035 nach Regionen (Bild links) und Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im zeitlichen Verlauf (Bild rechts) [1].

### Technologische Trends aus Sicht von Energieunternehmen

In einer Studie von PwC [3] wurde unter anderem die Rolle unterschiedlicher Technologien für die zukünftigen Herausforderungen von Energieunternehmen erfragt. Dazu wurden 53 CEOs<sup>6</sup> aus 35 unterschiedlichen Ländern von Energieunternehmen nach jenen technologischen Entwicklungen mit den größten Einfluss auf deren derzeitiges Geschäftsmodell erfragt. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse dargestellt. Als größte Einflussfaktoren sehen die Unternehmensleitungen Energieeffizienzmaßnahmen, Preisverfall von Solarmodulen, Demand-Side-Management-Maßnahmen und Smart meter / grid Entwicklungen. Weniger bedeutsam sind hingegen effiziente elektrische Heizungen (z.B. Wärmepumpen), stationäre elektrische Speicher, „Carbon capture and storage“ (CCS) und Offshore Winderzeugung in den Augen der Befragten.

Tabelle 1. Zukünftig erwarteter Einfluss technologischer Entwicklungen auf die derzeitigen Märkte aus Sicht der Unternehmensführungen von Energieunternehmen (53 CEOs aus 35 Ländern) [3].

Wichtiger Einfluss*	Wenig wichtiger Einfluss*
60 % Energieeffizienzmaßnahmen	27 % Effiziente elektrische Heizung (z.B. Wärmepumpe)
56 % Preisverfall der Solarmodule	17 % stationäre elektrische Speicher
53 % Entwicklung von DSM <sup>1</sup> Maßnahmen	13% CCS <sup>2</sup>
51 % Entwicklung von Smart meter / grids	11% Offshore Winderzeugung

Anmerkung: <sup>1</sup>Wichtiger Einfluss... über 50 % der Befragten nennen diese Option. <sup>2</sup>Wenig wichtiger Einfluss...weniger als 30 % nennen diese Option. <sup>1</sup>DSM...Demand-Side-Management. <sup>2</sup>CCS...Carbon capture and storage.

### Europäische Perspektive

Die Europäische Union hat sich dem Ziel einer hocheffizienten kohlenstoffarmen Wirtschaft verschrieben. Dazu hat die Kommission unterschiedliche Richtlinien, Weißbücher, Grünbücher herausgegeben. Die Ziele der Energiepolitik sind Versorgungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit. In den letzten Jahren war das Thema Nachhaltigkeit prägend. Durch die Finanzkrise und deren Folgen rückt jedoch das Thema Wirtschaftlichkeit immer mehr in den Mittelpunkt. Im Elektrizitätssektor ist derzeit das Thema Versorgungssicherheit auf den Agenden. Die Europäische Union (EU) setzt darauf als Vorbildregion in Sachen Klimaschutz zu agieren. Verfolgt man die aktuellen Ereignisse der globalen Klimaverhandlungen (bspw. Warschau 2013) scheint Europas Vorzeigerolle nicht allzu gefruchtet zu haben. Für Europa ist es von entscheidender Bedeutung mit Bedacht die energiepolitischen Ziele zu verfolgen und nicht um jeden Preis für die Volkswirtschaft (durch Subventionen) erneuerbare Energien in das (Elektrizitäts) System zu integrieren. Sinnvoller wäre es bereits jetzt, wirtschaftlich zu betreibende Technologien zu unterstützen, wie dies die Wasserkraft in Österreich ist. Die Fördermittel für neue Erneuerbare sollten kontinuierlich reduziert und die einzelnen Technologien den Markt zugeführt werden. Der Zielpfad der Treibhausgasentwicklung ist in Abbildung 2 dargestellt. Die EU strebt an die Treibhausgasemissionen um 80 % bis 2050 (gegenüber 1990) zu senken.

<sup>6</sup> CEO...Chief Executive Officer (US-amerikanische Bezeichnung für das geschäftsführende Vorstandsmitglied).

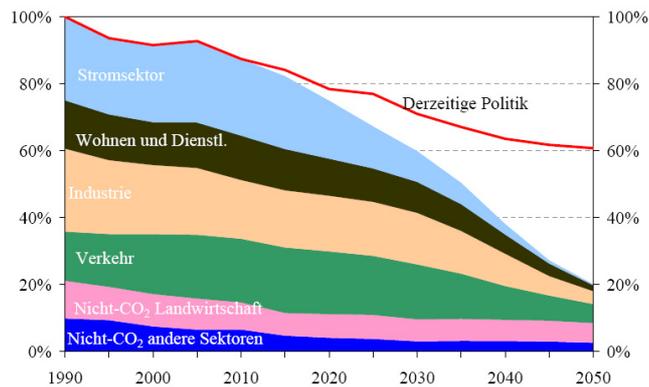


Abbildung 2: Wege zur Verringerung der Treibhausgasemissionen (THG) in der EU um 80 % bis 2050 (100% =1990) [4].

Auffallend dabei ist, dass der Stromsektor im Jahr 2050 nahezu keine Treibhausgasemissionen verursachen wird. Gerade am Elektrizitätssektor werden und wurden hohe Anstrengungen seitens der Kommission unternommen. Hohe Einspeisetarife gekoppelt mit Abnahmeverpflichtungen (bspw. Deutschland) führten zu Verwerfungen am Strommarkt in Europa. Bestehende Gas- und Dampfkraftwerke können derzeit keine Deckungsbeiträge erwirtschaften und werden teilweise eingemottet. Dies führt zu hohen volkswirtschaftlichen Kosten. Die Kommission hat Anfang November 2013 Empfehlungen für zwei aktuelle Themen gegeben. Förderung von erneuerbaren Energien und Kapazitätsmechanismen [5]. Der Kommission geht es darum, mehr Kosteneffizienz und mehr Markt in das System zu bringen. Ein Instrument, das im Jahre 2005 von der Kommission ins Leben gerufen wurde war das Emissionshandelssystem. Dieses Instrument sollte dazu dienen, kohlenstoffarme Technologien und Energieeffizienz zu fördern. Aufgrund eines Überangebotes an Zertifikaten ist dieses Instrument derzeit nicht funktionsfähig, an einer Revision wird gearbeitet [6].

Mit dem im Jahr 2013 zur Konsultation aufgelegtem Grünbuch zur Gestaltung der zukünftigen Energie- und Klimapolitik, wurde die Diskussion über Ziele für 2030 in Angriff genommen [7]. Generell zeigt sich ein Konsens für ein 40 % CO<sub>2</sub>-Einsparungsziel. Bei der Festlegung von erneuerbaren Zielvorgaben scheiden sich die Geister. Hier wird eine technologieneutrale Position eingenommen. Auch Kohlekraftwerke mit CCS<sup>7</sup>-Technologie oder Kernkraftwerke tragen zum Klimaschutz bei, diese Position wird vor allem von Polen, Frankreich und Großbritannien eingenommen [8]. Am 22.01.2014 wurde eine Empfehlung der Kommission herausgegeben. Es wurde ein europaweites CO<sub>2</sub>-Ziel (40 %) und Erneuerbares-Ziel (27 %) vorgeschlagen, bezüglich eines Energieeffizienzziels gibt es keine weiteren Vorgaben. Die nächsten Schritte werden vom Europäischen Rat im Frühjahrsmeeting am 20. März erwartet<sup>8</sup>.

## Herausforderungen des Elektrizitäts- bzw. Energiesystems

Auf dem Hintergrund der aktuellen politischen Visionspapiere der Europäischen Union gehen derzeit große Veränderungen in der europäischen Elektrizitätswirtschaft / Energiewirtschaft vor. Aktuell wird gerade die Neukonzipierung des Markt-Designs am Elektrizitätsmarkt diskutiert. Im Markt befindliche Erzeugungskapazitäten haben derzeit Schwierigkeiten Deckungsbeiträge zu erwirtschaften. Ein weiteres Thema sind die fehlenden Übertragungs- / Transportleitungen. In Deutschland stehen derzeit fünf Korridore für Hochspannungsgleichspannungsübertragungen (HGÜ) zur Diskussion. Der Bau notwendiger Hochspannungsleitungen hinkt weit hinter deren Bedarf nach. Aufgrund dieser Tendenzen werden immer wieder Konzepte für einen mehr dezentralem Aufbau des Energiesystems diskutiert. Zur weiteren Integration von erneuerbaren Energien in das Elektrizitätssystem sind Speichertechnologien notwendig. Die Geister scheiden sich aber über die Art und Dimension des Speichers (z.B. Kurzzeitspeicher, Wochenspeicher, Jahresspeicher). Eine mögliche Option des Langzeitspeichers ist die Technologie „Power to Gas“, die sehr ambivalent diskutiert wird. Derzeit laufen auf allen Ebenen der Energiewirtschaft Diskussionen, um die angestrebten ambitionierten Ziele der EU zu erreichen. Nicht alle EU-Länder befinden sich jedoch auf EU-Linie. Polen beispielsweise denkt über den Einstieg in die Nukleartechnik nach und auch Kohle wird in Polen zukünftig eine Rolle spielen.

<sup>7</sup> CCS...carbon capture and storage.

<sup>8</sup> [http://ec.europa.eu/energy/2030\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/2030_en.htm)

Angemerkt sei, dass der Elektrizitätssektor für 20 % des Energieverbrauchs steht. 80 % des Energieverbrauchs entstehen im Gebäude-, Mobilitätsbereich und in anderen Bereichen. Eine aktuelle Diskussion der Wirtschaftskammer in Österreich [9] zum Thema Black out beziffert die Kosten eines Tages Stromausfall für Österreich mit knapp 0,9 Mrd. €. In Deutschland geht man von Kosten von rund 430 Mio. € für eine Stunde Ausfall der Stromversorgung aus. Ein „Feldversuch“ am Elektrizitätssystem ist aus der Wichtigkeit einer sicheren Stromversorgung für die Gesellschaft abzulehnen. Das CO<sub>2</sub>-Thema als auch Energieeffizienz muss ein Thema in allen relevanten Energiebereichen sein und nicht nur im Elektrizitätsbereich.

Werden die Zielvorgaben der EU nicht hinterfragt, kommt es zu einem Umbau des bestehenden Elektrizitätssystems. Dies bedeutet, dass für bestehende Energieunternehmen mit fossilen Kraftwerken im Aufbringungsmix andere Geschäftsmodelle zum Tragen kommen werden müssen. Nehmen die erneuerbaren Energien einen entscheidenden Anteil am Strommix ein und werden diese dem Markt zugeführt, ist es schwierig, mit dem Merit-order-Prinzip Deckungsbeiträge zu erwirtschaften unabhängig vom Aufbringungsmix. Die derzeit im System befindlichen erneuerbaren Energie-Anlagen werden über Einspeisetarife gefördert und stehen aktuell nicht vor diesen Herausforderungen wie beispielsweise Wasserkraftwerke, die sich am Markt finanzieren müssen.

In [10] sind die aktuellen Herausforderungen am Elektrizitätssektor nochmals zusammengefasst. Es ist derzeit im System mehr Leistung als gebraucht wird (Leistungsüberschuss), die regelbaren fossilen Kraftwerke sind derzeit nicht wirtschaftlich zu betreiben (langfristige Leistungsabsicherung), der Netzausbau geht zu langsam voran, wodurch höhere Anforderungen an das Engpassmanagement gegeben sind und auch die Bereitstellung von Systemdienstleistungen sind zu nennen.

Die Elektrizitätsunternehmen sind von diesen Herausforderungen unmittelbar betroffen. Österreichs Energie (ÖE)<sup>9</sup> hat versucht mögliche Szenarien der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in einer Szenario Technik zu skizzieren und in Form von Gärten zu beschreiben [11]. In Tabelle 2 sind die wesentlichen Merkmale möglicher Entwicklungspfade für die Elektrizitätsversorgung dargestellt.

**Tabelle 2. Mögliche Entwicklungspfade für die Elektrizitätsversorgung [11].**

Hightech-Garten „game change“ durch Innovation	Der Dschungel „Business as usual“	Barockgarten „Nationale Alleingänge“	Landschaftsgarten „Weiterentwicklung des europäischen Binnenmarktes“
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zentrale Produktion dominiert - Durchbruch bei großtechnischer Produktion</li> <li>• Klarer strategischer Ansatz und klare Ziele in der nationalen Energie- und Umweltpolitik</li> <li>• Investitionssicherheit für E-Wirtschaft garantiert</li> <li>• E-Wirtschaft im „Driving Seat“</li> <li>• Marktdesign für E-Wirtschaft günstig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dezentrale Produktion dominiert</li> <li>• Inkonsistente nationale und europäische Energie- und Umweltpolitik</li> <li>• E-Wirtschaft nicht im „Driving Seat“, andere Marktteilnehmer dominieren</li> <li>• Unklares Marktdesign – keine Investitionssicherheit</li> <li>• Überregulierung auf nationaler Ebene verursachen Wettbewerbsverzerrungen und hohe Zusatzkosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dezentrale Produktion dominiert</li> <li>• Klarer strategischer Ansatz und klare Ziele in der nationalen Energie- und Umweltpolitik</li> <li>• Investitionssicherheit für die E-Wirtschaft ist garantiert</li> <li>• Das Marktdesign ist für die E-Wirtschaft günstig</li> <li>• Strommarkt wird mit Blick auf die Netzsicherheit nur für entsprechend qualifizierte Vermarkter geöffnet</li> <li>• Vorgaben für Fahrpläne und Prognosen werden schärfer</li> <li>• Marktteilnehmer müssen Beiträge zur Stabilisierung der Netze leisten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dezentrale Erzeugung dominiert</li> <li>• Europäisch gesteuerte Energie- und Umweltpolitik mit kleinen nationalen Spielräumen</li> <li>• E-Wirtschaft muss sich anstrengen, ihren Platz an der Sonne zu finden</li> <li>• Marktdesign für E-Wirtschaft günstiger als im Dschungel-Szenario</li> </ul>

Wie in Tabelle 2 dargestellt, wird in drei von vier Szenarien eine Dominanz der dezentralen Produktion am Elektrizitätssystem angenommen. Ein weiterer Einfluss auf die Ausgestaltung des zukünftigen Elektrizitätssystems ist die Art und der Umfang der Einflussnahme Europas als auch der einzelnen Staaten. Ohne im Detail die einzelnen Auswirkungen zu analysieren, zeigen solche Analysen, dass die Branche große Veränderungen im Elektrizitätssektor erwartet.

### **Umbruch der Elektrizitätswirtschaft aus Sicht der Unternehmensführungen**

Im nachfolgenden Teil werden wesentliche Erkenntnisse der 13. Ausgabe des „PwC Annual Global Power & Utilities Survey“ [3] dargestellt. Dies ist insofern interessant da darin die wesentlichen

<sup>9</sup> Österreichs Energie ist die Interessensvertretung der österreichischen Elektrizitätswirtschaft.

Erwartungshaltungen von Energieunternehmen rund um die Welt abgebildet werden (befragt wurden 53 CEOs in 35 verschiedenen Ländern).

**Tabelle 3. Erwartete Veränderungen der Elektrizitätswirtschaft gruppiert nach Themen aus einer PwC Studie (53 CEOs in 35 Länder wurden befragt) [7].**

Themen	Umbruch der Elektrizitätsversorgung	Technologiewandel und Kosten	Mögliche Handlungen für Unternehmen	Mögliche Einflussnahme von Regulatoren
<b>erwartete Veränderungen der Elektrizitätswirtschaft</b>	<p>94 % (EU 92%) gehen von einer bedeutsamen Änderung des klassischen Geschäftsmodells von Elektrizitätsunternehmen aus. Es gibt jedoch viele regionale Differenzen.</p> <p>Bedarf an Elektrizität wird zunehmen. Durch Elektrifizierung der Mobilität, Heizung &amp; Kühlung. Die Geschäftsmodelle der Elektrizitätsunternehmen müssen angepasst werden aufgrund dezentraler Erzeugung, Technologieentwicklungen und unterschiedliche Kundenbedürfnisse. Die Dynamik der Veränderung ist jedoch nicht so schnell wie in anderen Branchen, die rein marktgetrieben sind.</p> <p>Dezentrale Erzeugung führt zu Umsatzreduktion bei den Elektrizitätsunternehmen und reduziert den Einsatz von konventionellen Kraftwerken. Es wird erwartet, dass bis 2030 20 % der Erzeugung aus dezentralen Einheiten kommt.</p> <p>Elektrizitätsunternehmen könnten die Rolle von Operatoren für back-up Infrastruktur einnehmen.</p> <p>In Asien, Europa und den USA geht man davon aus, dass die zentrale Erzeugung und Verteilung zukünftig (ab 2030) keine bedeutende Rolle mehr spielen wird.</p> <p>20 % in Europa setzen auf die zentrale Erzeugung und Verteilung, 67 % gehen von einem Mix von zentraler und dezentraler Erzeugung aus und 13 % gehen von einer dezentralen Erzeugung aus.</p>	<p>Wachstumsraten der dezentralen Erzeugung hängen von der technologischen Entwicklung und den Kosten dieser Erzeugung ab.</p> <p>Zuwachsraten in Europa sind förderungsgetrieben. Kostenbarrieren werden erwartet, wenn die dezentralen Erzeugungseinheiten in den Markt integriert werden. Werden diese überwunden, kommt es zu einem Umbau des Energiesystems. Viele gehen davon aus, dass dieser Umbruch unmittelbar bevorsteht.</p> <p>Energieeffizienz, fallende Preise für PV-Anlagen, DSM<sup>10</sup> und Smart meter / grid Technologien werden als größte Einflussgrößen auf dem bestehenden Elektrizitätsmarkt gesehen.</p> <p>Unkonventionelle Gas- und Ölförderungen werden die Energielandskarte ebenfalls verändern. Peak oil Prognosen sind vom Tisch. In Nordamerika wird die Energieunabhängigkeit erwartet. Es gibt jedoch gesellschaftliche Bedenken gegen diese Fördermethoden und die Erwartung, dass erneuerbare Energie mehr Vorteile bringen.</p>	<p>Die Anpassung von Unternehmen an das geänderte Umfeld wird deren zukünftige Rolle am Energiemarkt festlegen.</p> <p>Kosteneinsparung ist eine notwendige Antwort auf die geänderten Rahmenbedingungen. 58% der Befragten in Europa gehen von einem Kostenreduktions- und Effizienzsteigerungspotenzial von mehr als 20 % aus. 82 % in Europa sehen großes Potenzial im „asset performance management“, um Kosten einzusparen.</p> <p>Neben Kosteneinsparungen sind Strategien notwendig, um die besten Gewinnmöglichkeiten für Unternehmen auszuloten.</p> <p>Schlüsselemente der strategischen Sicht sind die Geschwindigkeit der Marktdurchdringung der dezentralen Erzeugung zusammen mit der zukünftigen Rolle von Erdgas im Elektrizitätssystem. Shale Gas Produktion hängt von Umweltgesetzvorgaben als auch gesellschaftlichen Restriktionen ab.</p> <p>Ein hoher Anteil an dezentraler Erzeugung verändert die Netzinfrastruktur hin zu mehr Komplexität. Die Rolle von Übertragungsnetz- und Verteilnetzbetreiber muss neu festgelegt werden im Umfeld der Selbsterzeugung, Smart Grids und DSM.</p>	<p>Regierungen und politische Entscheidungsträger müssen die Versorgungssicherheit, Leistbarkeit und Nachhaltigkeit im Auge haben. Die Spannung dieser drei Zielgrößen wird größer werden. Leistbarkeit ist in vielen Staaten bereits jetzt ein Thema. Bedenken über mögliche Black outs nehmen zu. Die Produktion von Shalegas wirft neue umweltpolitische Konflikte auf.</p> <p>Die Regulierung wird in der Krise gesehen. 55 % sehen in den derzeitigen Vorgaben der Energiepolitik keine Investitionssicherheit.</p> <p>Regulatoren müssen Regeln vorgeben damit Systemoperatoren einen Ausgleich zwischen Bedarf und starkschwankender Erzeugung gewährleisten können. Kapazitätsmechanismen in Zusammenspiel mit DSM und die Abschaltung von erneuerbaren Energieanlagen im Bedarf wird als eine Möglichkeit gesehen.</p> <p>Dringender Handlungsbedarf für die Energiepolitik wird gesehen in Forcierung von Netzinfrastruktur, bessere Vernetzung der nationalen Übertragungsnetze und beschleunigter Bau von strategischen Infrastrukturanlagen.</p>

In Tabelle 3 sind die Erwartungen von Unternehmensführungen rund um den Globus dargestellt. Für Europa, Asien und die USA zeichnen sich aus deren Sicht große Umbrüche in der Elektrizitätsversorgung der nahen Zukunft (bis 2030) ab [26]. Auch in dieser Umfrage wird von einem höheren Anteil von dezentraler Produktion ausgegangen. Manche sehen die Marktreife von einigen neuen Erneuerbaren bereits in unmittelbarer Nähe. Welche Rolle die Unternehmen zukünftig spielen, hängt im Wesentlichen von deren strategischen Antworten auf den sich abzeichnenden Wandel ab.

Dass sich das Energiesystem zukünftig ändern wird, ist unumstritten. Das Tempo der Änderung ist jedoch nicht so schnell wie teilweise angenommen wird, da in der Elektrizitätswirtschaft Investitionszyklen von 30 bis 50 Jahren vorliegen. Andere Experten sehen die Energiewende als einen Prozess der 70 Jahre in Anspruch nehmen wird und schwer planbar ist vgl. [12].

### **Denkmuster und Primärinteressen aus der aktuellen Diskussion über die Umgestaltung des Energiesystems**

Einige wesentliche Denkmuster der aktuellen Diskussion werden in Tabelle 4 dargestellt und mögliche Primärinteressen aufgezeigt.

<sup>10</sup> DSM...Demand Side Management.

**Tabelle 4: Denkmuster und Primärinteressen aus aktuellen energiepolitischen Diskussionen (eigene Darstellung).**

Denkmuster	Primärinteressen
<b>Aussage: „Aufbau eines Energiesystems basierend auf erneuerbaren Energien“</b>	
<p><i>Phase out der fossilen Energieträger und Ausbau der erneuerbaren Energieträger (im Elektrizitätsbereich)</i></p> <p><i>Forcierung des Ausbaus von Erneuerbaren um jeden Preis (Einspareffekte durch Reduktion der Importabhängigkeit erwartet) - Sonnenenergie ist gratis</i></p> <p><i>Erneuerbare-Integration in das Energiesystem - optimale Nutzung der Ressourcen</i></p> <p><i>Erneuerbare Energie führt zur Energieunabhängigkeit - Nutzung heimischer Ressourcen</i></p>	<p><i>Klimaschutz / Umweltschutz</i></p> <p><i>Einkünfte, Beschäftigungseffekte</i></p> <p><i>Unabhängigkeit von Unternehmen, Staaten</i></p> <p><i>Stärkung der Regionen - Wertschöpfung bleibt in der Region</i></p>
<b>Aussage: „Fossile Energieträger spielen auch weiterhin eine entscheidende Rolle“</b>	
<p><i>Fossile Energieträger sind auch weiterhin der Treibstoff der Mobilität</i></p> <p><i>Energiedichte der fossilen Energieträger ist nicht zu übertreffen und ist für unseren Wohlstand verantwortlich</i></p> <p><i>Altbestand von Gebäuden, Versorgung in Städten – Infrastruktur ist vorhanden</i></p>	<p><i>Absicherung und Ausbau der eigenen Märkte</i></p> <p><i>Leistbare Mobilität für alle Bürger; Brennstoffe für Heizzwecke</i></p> <p><i>Mobilitätssektor ist volkswirtschaftlich relevant – Beschäftigungseffekt</i></p>
<b>Aussage: „Aufbau einer dezentralen Energieversorgung“</b>	
<p><i>Nutzung der Energie vor Ort</i></p> <p><i>Energieunabhängigkeit, Energie- und Stromautarkie</i></p> <p><i>Netzausbau ist nicht notwendig</i></p> <p><i>Kleine Einheiten sind weniger gefährlich als große Einheiten</i></p> <p><i>Ungerechte Kostentragung, beispielsweise der Netzkosten</i></p>	<p><i>Einsparungseffekte für Haushalte</i></p> <p><i>Stärkung der Regionen - Wertschöpfung bleibt in der Region</i></p> <p><i>Landschaftsbild bleibt erhalten</i></p> <p><i>Bau von Infrastrukturanlagen und Netzausbau ist derzeit nicht mehr möglich im benötigten Umfang</i></p> <p><i>Personen mit entsprechendem Kapital verfügen über entsprechende Freiflächen bspw. für PV Anlagen und tragen damit weniger zu den Netzkosten bei</i></p>
<b>Aussage: „Aufbau einer zentralen Energieversorgung“</b>	
<p><i>Kostengünstige und sichere Versorgung mit Elektrizität</i></p> <p><i>Economy of scale - große Einheiten haben höhere Wirkungsgrade</i></p> <p><i>Verbundnetz reduziert installierte Leistung insgesamt</i></p> <p><i>Netzausbau – mit kleinen Verlusten wird Energie zu Verbrauchsschwerpunkten transportiert</i></p>	<p><i>Wirtschaftlichkeit - Energieversorgung mit geringsten Kosten zu bewerkstelligen</i></p> <p><i>Sicherheit – Sicherstellung einer Stromversorgung ohne Ausfälle</i></p> <p><i>Nachhaltigkeit – Ressourcen effizienteste Bereitstellung von Elektrizität</i></p>
<b>Aussage: „Erneuerbare Energie - Integration braucht Speichertechnologien“</b>	
<p><i>Speicher, Erneuerbare und als Back up das „alte“ System (Residualkraftwerke) Pumpspeicher, Luftspeicher, Power to Gas, Erdgaslagerstätten,.....</i></p> <p><i>Erneuerbare Energien (EE) und lokale Speicher erhöhen Versorgungssicherheit</i></p> <p><i>Einspeiseverpflichtung für EE zu hinterfragen – viel größere Speicher werden benötigt</i></p> <p><i>Ausbau der Netze im erforderlichen Maß macht Energiespeicher unnötig, da aber die Netze nicht im erforderlichen Maß ausgebaut werden, sind Speicher notwendig</i></p>	<p><i>Neue Märkte für bestehende Unternehmen</i></p> <p><i>Voranreiben des Ausbaus erneuerbarer Energieträger</i></p> <p><i>Reduktion der Systemkosten</i></p> <p><i>Ausgleich der Energie durch ein starkes Übertragungsnetz; wenn es nicht vorhanden ist, braucht es Speicher</i></p>
<b>Aussage: „Demand Side Management (DSM) - Verbrauch muss sich Erzeugung anpassen“</b>	
<p><i>Aufgrund der fluktuierenden Erzeugung muss sich das alte Muster der Elektrizitätsversorgung ändern. Der Bedarf muss der Erzeugung angepasst werden.</i></p>	<p><i>Optimierung des Elektrizitätssystems unter gegebenen Rahmenbedingungen</i></p>
<b>Aussage: „CO<sub>2</sub>-Reduktion ohne Vorgaben der Technologie“</b>	
<p><i>Politik soll nicht die Technologieentscheidung treffen, führt zu Verwerfungen am Markt</i></p>	<p><i>Innovationen wie CCS<sup>11</sup>, aber auch Kernkraftwerke tragen zum Klimaschutz bei</i></p>
<b>Aussage: „Energieeffizienz als Schlüssel der Energiewende“ &amp; „Gebäude – Prosumer- Eigenversorgungstrends“</b>	
<p><i>Nur durch radikale Änderung des Energieverbrauchs ist eine Vollversorgung mit Erneuerbaren möglich</i></p> <p><i>Energieeffizienz als der wesentliche Schlüssel, den Bedarf an Energie zu senken</i></p> <p><i>Häuser erzeugen mehr Energie als sie brauchen und stellen kleine Kraftwerke dar</i></p>	<p><i>Kein Neubau von Kraftwerken und Netzen notwendig - Nutzung der bestehenden Infrastruktur</i></p> <p><i>Neue Märkte für Technologieunternehmen (z.B. Siemens, Infineon, etc.)</i></p> <p><i>Ressourcenschonung durch ausschließliche Nutzung von Erneuerbaren Energien</i></p> <p><i>Reduktion der Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern, Kosteneinsparung</i></p>
<b>Aussage: „Mobilität Umstellung der Mobilität auf effizientere Antriebe und neue Mobilitätskonzepte“</b>	
<p><i>Durch Innovationen (z.B. Elektromobilität, Erdgasautos (mit Biomethan), Wasserstoff) soll das Mobilitätsthema bewerkstelligt werden</i></p> <p><i>Vernetzung der Energieträger (z.B. Strom aus dem Gasnetz und Windkraft in den Tank). Speicherthematik aber auch Raumwärme und Mobilität. Gas als fossiler Brennstoff des 21. Jahrhunderts.</i></p>	<p><i>Reduktion des fossilen Energiebedarfs für Mobilität durch Umstieg auf andere Energieträger</i></p> <p><i>Erhaltung der Individualmobilität durch technische Innovationen</i></p> <p><i>Neue Märkte für Unternehmen, die im Wärmebereich, Elektrizitätsbereich agieren</i></p> <p><i>Neue Märkte für Technologieunternehmen</i></p>

<sup>11</sup> CCS... Carbon capture and storage.

Die in Tabelle 4 dargestellten Denkmuster stellen nur eine begrenzte Auswahl dar. Ziel war es zu zeigen, dass ganz unterschiedliche Vorstellungen zur Umgestaltung des Energiesystems vorliegen und wie schwierig es ist, die richtigen Wege zu erkennen. Ziel der Energiepolitik muss es sein, eine sichere, leistbare und nachhaltige Energieversorgung der Gesellschaft zu sichern. Der globale Blick darf nicht aus den Augen verloren werden, ebenso wenig die Besonderheiten der Branche, wie sie in [13] dargestellt sind.

## Energiewirtschaftliche Fakten – ein Abriss

### Energieimportabhängigkeit

Die Europäische Union der 27 Staaten trug im Jahr 2009 zu 7 % der weltweiten Energieproduktion bei und verbrauchte 14 % der global produzierten Energie. Die Energieabhängigkeit der EU ist seit 1995 von 43,2 % auf 52,7 % im Jahr 2010 angestiegen. Bei Öl betrug die Abhängigkeit im Jahr 2010 über 80 % und die Abhängigkeit von Gasimporten über 60 % [14].

Österreich importierte im Jahr 2011 1.288 PJ und produzierte 489 PJ an Energie im Inland [14]. Die Energieimportabhängigkeit von Österreich beläuft sich nach Angaben der Europäischen Kommission auf über 60 % [14]. Im Jahr 2011 lag die Importabhängigkeit von Öl in Österreich bei 93 %, jene von Gas bei 81 % und jene von Kohle bei 100 % [15]. In den 90er Jahren lag der Rohölpreis um die 20 \$ / Barrel Brent und stieg bis zum Jahr 2008 auf einen Rekordwert von über 140 \$ / Barrel Brent. Derzeit schwankt der Rohölpreis um die 100 \$ / Barrel Brent. Diese Entwicklungen trugen dazu bei, dass das Nettoimportvolumen von Österreich für Energie zwischen 2003 und 2012 von 4,4 Mrd. € auf 12,8 Mrd. € anstieg [15]. Die Reduktion der Importabhängigkeit von Österreich ist ein nicht unbedeutender Faktor im Hinblick auf die noch zu erwartenden globalen Entwicklungen der Zukunft.

### Bedeutung von Strom am energetischen Endverbrauch

Elektrizität ist eine bedeutende Energieform für eine hochentwickelte und technisierte Gesellschaft. Der Vorteil von Elektrizität liegt in seiner hohen Exergie (Arbeitsfähigkeit), elektrischer Strom kann für alle Formen der Nutzenergie eingesetzt und umgewandelt werden (vgl. [13]). Betrachtet man die Struktur des energetischen Endverbrauchs in Österreich, so nimmt Elektrizität davon 20 % ein [16].

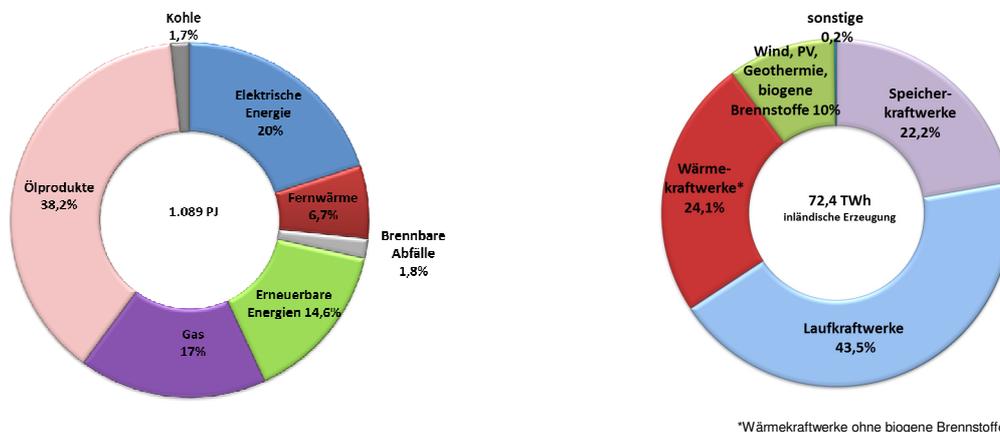


Abbildung 3: Struktur des energetischen Endverbrauchs in Österreich 2011 (linkes Bild) und Erzeugungsstruktur der Elektrizität 2012 (rechtes Bild) [16].

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich, trägt elektrische Energie nur zu einem Fünftel zum energetischen Endverbrauch bei, dominierend sind nach wie vor fossile Energieträger. Der Anteil der erneuerbaren Energie am Endenergieverbrauch lag in Österreich im Jahr 2011 bei 31 % [15]. Zielgröße bis 2020 ist für Österreich 34 %, was Österreich auch aller Voraussicht nach erreichen wird.

Bei der Aufbringung der elektrischen Energie ist Österreich im europäischen Spitzenfeld, was den Einsatz erneuerbarer Energieträger betrifft. Die elektrische Energie wird in Österreich mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt. Rund 76 % der in Österreich produzierten elektrischen Energie stammt aus erneuerbaren Energieträgern und nahezu 66 % stammt aus Wasserkraft.

## Endenergieeinsatz nach Bereichen

Im Jahr 2011 betrug der Endenergieverbrauch in Österreich 1.089 PJ. Für Wärmebereitstellung wurden 567 PJ (davon 75 PJ mit Strom), für Treibstoffe wurden 389 PJ (davon 11 PJ mit Strom) und für Stromanwendungen wurden 133 PJ eingesetzt [15]. Nahezu 88 % der Energie wurde für Wärme und Treibstoffe verwendet und nur 12 % für Stromanwendungen (ohne Strom für Wärme und Treibstoffe). Treibstoffe werden zu 92 % für den Transport genutzt, Strom und Wärme werden von der Industrie und Wirtschaft (Dienstleistung und Sachgüterproduktion) und den Haushalten verwendet. Der Strom wird zu 26 % von den Haushalten und zu knapp 73 % von der Industrie und Wirtschaft benötigt. Wärme wird zu 40 % von den Haushalten und zu 58 % von der Industrie und Wirtschaft eingesetzt. Die Landwirtschaft ist für den Verbrauch von 2 % bei Wärme und 1 % beim Strom verantwortlich. Aus den dargestellten strukturellen Daten zum Endenergieverbrauch wird deutlich, dass nur ein Umbau des Elektrizitätssystems allein nicht ausreicht, um das Energiesystem auf nachhaltige Beine zu stellen.

## Treibhausgasemissionen nach Sektoren

Österreich erreichte bis 2012 nicht die selbst gewählten Einsparungsziele gemäß des Kyoto-Protokolls und musste Emissionszertifikate um 160 Mio. € zukaufen, um Strafzahlungen von ungerundet 600 Mio. € zu umgehen [17]. Österreich hat sich mit dem Kyoto-Protokoll verpflichtet, die Treibhausgasemissionen um 13 % gegenüber den Emissionen von 1990 zu senken. Im Jahr 2011 lagen die Treibhausgas-emissionen bei 82,8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und somit um 14,1 Mio. Tonnen über dem Kyoto-Ziel von 68,8 Mio. Tonnen.

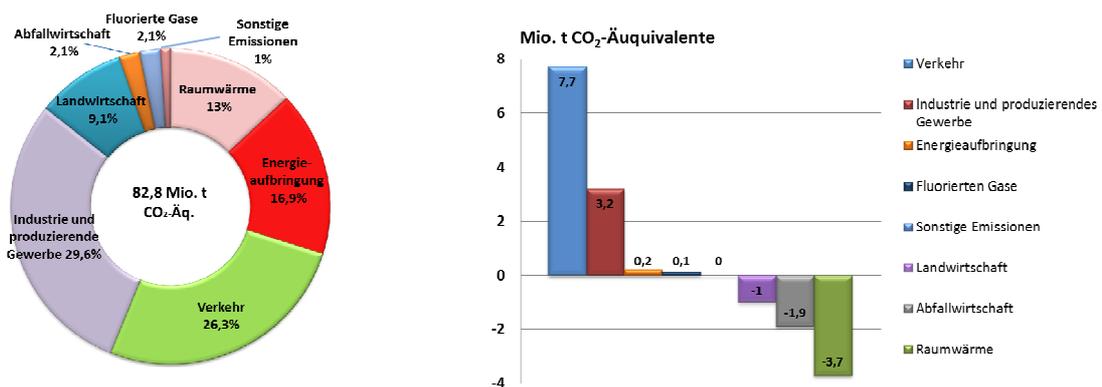


Abbildung 4: Treibhausgasemissionen 2011 nach Sektoren in Österreich (linkes Bild) und Zuwachsraten der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2011 (rechtes Bild) [15].

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, verantworten die Industrie und das produzierende Gewerbe und der Verkehr knapp 56 % der Treibhausgasemissionen. Die Energieaufbringung als auch die Raumwärme verursachen zusammen knapp 30 %. Betrachtet man die Zuwachsraten der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2011, so ist der Verkehr mit 7,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente jener Bereich mit den größten Zuwächsen.

## Gebäudebereich als auch Transportsektor - die größten Energiesenken für fossile Energien

Energiedienstleistungen, wie „warmer Raum“ und „gefährte Kilometer“ sollten stärker in den Fokus der energie- und klimapolitischen Überlegungen einbezogen werden. Beim Gebäudebereich spricht man zwar bereits jetzt von sogenannten „Prosumer<sup>12</sup>“, dies betrifft zu einem Großteil die Neubauten. Der Gebäudealtbestand, der einen wesentlich größeren Anteil am Energieverbrauch einnimmt, sollte aber im Zentrum der Betrachtungen stehen. Einfache Beobachtungen zeigen den derzeitigen Umgang mit Energie, beispielsweise in Kaufhäusern, die unabhängig von den aktuellen Witterungsbedingungen bestimmte Innentemperaturwerte vorgeben. Dies führt dazu, dass die vielen Kaufhäuser einen Großteil der Zeit überheizt sind, obwohl ein Grad Temperaturreduktion ein Einsparpotenzial von bis zu 6 % Heizenergie entspricht.

Bei der Mobilität zeigt sich ein ähnlicher Trend. Die Gesellschaft ist entsprechend motorisiert und jede kleinste Distanz wird mit dem fossilbetriebenen Pkw zurückgelegt. Dies zeigt die derzeitige Wert-

<sup>12</sup> Prosumer...Verbraucher oder Kunden, die gleichzeitig Produzenten sind.

haltung der Gesellschaft gegenüber Klima- als auch Umweltziele. Da scheint es ein willkommenes Betätigungsfeld zu sein, sich für einen Ökostromanbieter zu entscheiden und so sein „Umweltgewissen“ zu beruhigen. Die wirklichen Energiesenken werden jedoch konsequent negiert (auch von der Politik), zumal die Automobilindustrie ein potenter Arbeitgeber für viele Menschen ist. Auch die Einnahmen, die der Staat über den Verkauf von fossilen Energieträgern lukriert, sind nicht zu vernachlässigen. Eine Hinterfragung dieser Systematik muss das Ziel der Energie- und Klimapolitik sein, um die anstehenden Probleme im Energiebereich zu lösen. Innovationen (technische als auch soziale) in diesen Bereichen sind unabdingbar, um die Gesellschaft auch zukünftig mobil zu halten.

Diese Tatsachen finden sich auch im Bewusstsein der Menschen wieder, wie in mehreren Umfragen gezeigt werden konnte. In Abbildung 5 sind Ergebnisse aus meiner Dissertation [18] zu den erwähnten Umfragen dargestellt.

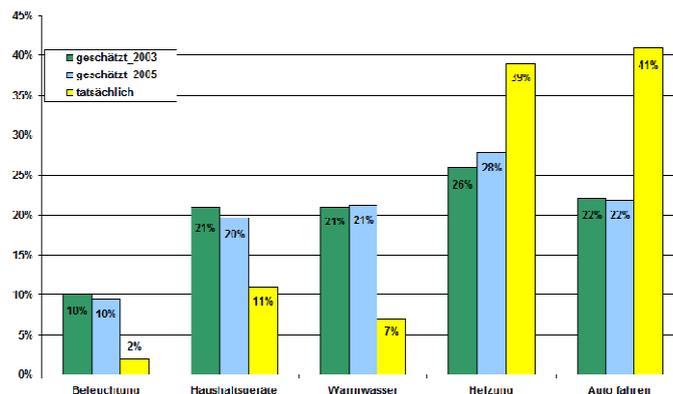


Abbildung 5: Geschätzter Energieverbrauch eines durchschnittlichen österreichischen Haushaltes nach Verbrauchsbereichen – verglichen mit dem tatsächlichen Verbrauch [18].

Wie in Abbildung 5 ersichtlich ist, wird der Bedarf an Elektrizität um das Fünffache überschätzt und der Bedarf an Heizenergie und Energie für Mobilität um das 1,5 fache unterschätzt. Dies erklärt möglicherweise auch die aktuellen Diskussionsschwerpunkte in der Klima- und Energiepolitik.

## Herausforderungen der Wasserkraft im globalen als auch europäischen Umfeld

### Wasserkraft global betrachtet

Weltweit gibt es über 45.000 große Staudämme, die Hälfte davon liegt in China. Staudämme haben in den meisten Fällen eine Mehrfachnutzung. Eine Vielzahl der globalen Dämme wird für die Bereitstellung von Wasser für die Landwirtschaft verwendet, nur ein bescheidener Anteil der Staudämme wird für die Stromproduktion herangezogen [19].

Wasserkraft trägt weltweit zu rund 15 % der globalen Elektrizitätsproduktion bei. In einigen Ländern, wie Nepal und Mozambique trägt Wasserkraft zu mehr als 50 % der elektrischen Produktion bei. Im Jahr 2012 sind schätzungsweise 27-30 GW an neuen Wasserkraftwerken und 2-3 GW an Pumpspeicherkraftwerken weltweit in Auftrag gegeben worden. Dieses Ausbauprogramm wurde von den energie- und klimapolitischen Zielen der Länder unterstützt. In einer WEC<sup>13</sup> Studie wird davon ausgegangen, dass in den letzten beiden Dekaden weltweit die installierte Leistung von Wasserkraftwerken um 55 % gestiegen ist. Der Gründer des global agierenden Umweltberatungsunternehmens „SCMS Global“ betont die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit von Wasserkraft (...“the lowest cost charges are in those jurisdictions which happen to be hydro-dominated“...) als Elektrizitätserzeugung. Neuere Analysen von GlobalData erwarten einen Zuwachs der installierten Leistung von Wasserkraftwerken von 1.065 GW im Jahr 2012 auf 1.407 GW im Jahr 2020 weltweit. Die größten Zuwächse werden im Asien-Pazifik-Raum erwartet. In Europa und USA mit gut entwickelten Wasserkraftmärkten werden ebenfalls Zuwächse bei Wasserkraftanlagen erwartet. Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken und Erneuerung von bestehenden Anlagen werden als größte Investments in diesen Regionen gesehen. Wasserkraftwerke werden von vielen Ländern als Erzeugungsart bevorzugt, aufgrund ihrer Fähigkeit, flexibel auf den ändernden Bedarf zu reagieren, wegen des Wassermanagements und des

<sup>13</sup> WEC...World Energy Council.

Hochwasserschutzes. Wasserkraft stellt eine nachhaltige und klimafreundliche Form der Elektrizitätserzeugung mit Mehrfachnutzen für die Gesellschaft dar [20].

### **Wasserkraft auf europäischer und österreichischer Ebene**

Im Jahr 1990 hatten die erneuerbaren Energieträger in Europa einen Anteil an 12,5 % an der Elektrizitätserzeugung. Dieser Anteil stieg im Jahr 2010 auf über 20 % [14]. In Tabelle 5 sind einige Daten rund um die erneuerbare Elektrizitätserzeugung dargestellt.

**Tabelle 5: Installierte Leistung und erzeugte Elektrizität aus erneuerbaren Energien in der EU-27 im Jahr 2010 [14].**

	installierte Leistung in GW	erzeugte Energie in TWh	Anteil an der Gesamterzeugung
<b>Gesamt</b>	904,1	3.346	----
<b>Wasser</b>	145,1	398	11,9 %
<b>Wind</b>	84,7	149	4,4 %
<b>Solar</b>	29,97	23	0,7 %
<b>Biomasse &amp; Abfall</b>	15,4	123	3,7 %

Der Anteil der Wasserkraft in Europa beträgt ca. 12 % an der Gesamterzeugung. In einigen Ländern spielt Wasserkraft eine entscheidende Rolle. In Tabelle 6 sind jene fünf Länder aus der EU-27 dargestellt, die absolut gesehen am meisten Strom aus Wasserkraft erzeugen.

**Tabelle 6: Gesamterzeugung und erzeugte Elektrizität von Wasserkraft in fünf EU-Länder - im Jahr 2010 [14].**

	Gesamterzeugung in TWh*	Wasserkrafterzeugung in TWh	Anteil der Wasserkraft an der Gesamterzeugung*
<b>Frankreich</b>	569	66,8	12 %
<b>Schweden</b>	149	66,5	45 %
<b>Italien</b>	302	54,4	18 %
<b>Spanien</b>	303	45,5	15 %
<b>Österreich</b>	71	41,6	59 %

Anmerkung:\* Werte wurden auf- bzw. abgerundet; für die strukturellen Analyse ist der exakte Wert nicht entscheidend.

Wie in Tabelle 6 ersichtlich, erzeugen Frankreich, Italien, Schweden und Spanien mehr Energie aus Wasserkraft als Österreich. Bei Analyse des Anteils der Wasserkraft an der Gesamterzeugung des jeweiligen Landes ist klar zu erkennen, dass Österreich mit einem Anteil von ca. 59 % den höchsten Anteil von Wasserkraft der analysierten Länder aufweist. Schweden liegt mit knapp 45 % an zweiter Stelle, gefolgt von Italien und Spanien. In Frankreich stammen rund 12 % der erzeugten Energie aus Wasserkraft. Diese kurze Analyse macht die unterschiedliche Bedeutung von Wasserkraft in den verschiedenen Ländern der europäischen Union deutlich. Eine allgemeine Aussage, dass Wasserkraft europäisch keine zentrale Bedeutung für die zukünftige Energieversorgung hat, ist im Allgemeinen schwer zu halten. Für Österreich spielt Wasserkraft eine entscheidende Rolle bei der Elektrizitätsaufbringung. Nahezu 76 % der Elektrizität stammt in Österreich aus erneuerbaren Energieträgern. Würden alle Staaten der EU diesen hohen Anteil aufweisen, wäre die EU bereits auf bestem Wege, die 2050 Ziele im Elektrizitätsbereich zu erreichen. Wasserkraft spielt in Europa in den skandinavischen Ländern wie Schweden und Norwegen, aber auch in Ländern rundum den Alpenbogen, wie Österreich, Schweiz, Frankreich, Italien eine bedeutende Rolle. Ausbaupotenziale sind in Europa vor allem in Südosteuropa und den Balkanländern gegeben, obwohl auch in europäischen Ländern wie Österreich einige Wasserkraftpotenziale vorhanden sind.

## Vorteile der Nutzung der Wasserkraft im Vergleich zu anderen Erzeugungsarten

### Energierückgewinnung und Wirkungsgrad

Wasserkraft ist eine effiziente Technologie zur Erzeugung elektrischer Energie und wird in Österreich schon viele Jahrzehnte erfolgreich genutzt. Wasserkraft ist jene Technologie mit dem größten Energierückgewinnungs-Faktor („*energy payback ratio*<sup>14</sup>“). Dieser Kennwert wird als Benchmark für die Beurteilung der Nachhaltigkeit und Effizienz von Kraftwerkstechnologien verwendet. In Abbildung 6 ist dies aus einem Papier von Eurelectric [21] dargestellt. Wasserkraft übersteigt dabei andere Erzeugungstechnologien, um bis zum Zehnfachen des Wertes. Verglichen mit anderen Erneuerbaren, wie Wind und Sonne übertrifft Wasserkraft diese um das Vier- bis Fünffache. Ein weiterer Vorteil der Wasserkraft ist der hohe Wirkungsgrad bei der Erzeugung von Elektrizität. In Abbildung 6 ist dies nochmals verdeutlicht. Während PV-Anlagen einen Wirkungsgrad zwischen 7 und 17 % aufweisen, liegen Wasserkraftwerke bei 85 bis 95 %.

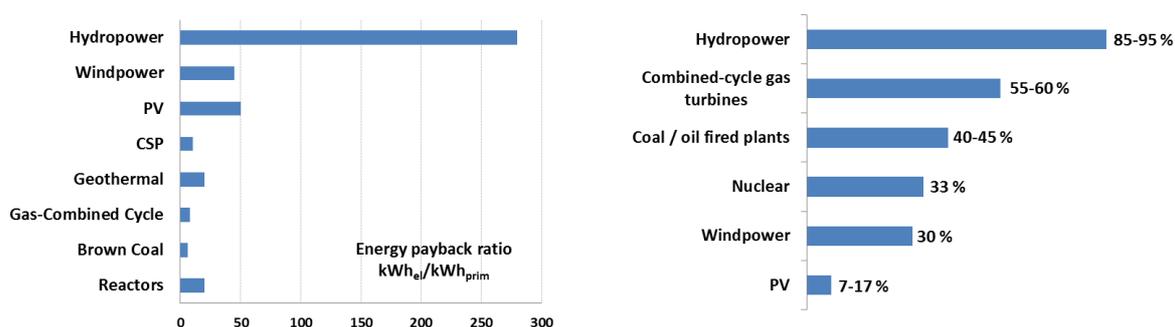


Abbildung 6: Energierückgewinnungsfaktor (linkes Bild) und Wirkungsgrad der Stromerzeugung (rechtes Bild) unterschiedlicher Technologien [21].

### Klimaschutz, Ökologie und gesellschaftliche Auswirkungen

Neben diesen energiewirtschaftlichen Vorteilen der Wasserkraft gibt es aber auch eine Reihe von klima- und umweltrelevanten Vorteilen der Wasserkraft. Die Turbine wird mit Hilfe der Kraft des Wassers angetrieben, die Erzeugung von Elektrizität mit Wasserkraft verbraucht nicht die Ressource Wasser, diese wird wieder nach Durchgang der Turbine in das Gewässer zurückgegeben. In Abbildung 7 sind vermiedene Treibhausgasemissionen für Österreich durch die Nutzung von erneuerbaren Energien für Treibstoff, Wärme und Elektrizität dargestellt. Im Jahr 2011 wurden ca. 30 Mio. Tonnen Treibhausgasemissionen durch die Nutzung von erneuerbarer Energie vermieden. Wasserkraft war für mehr als die Hälfte dieser Einsparungen verantwortlich und ist damit auch für den Klimaschutz die wichtigste Technologie in Österreich [15].

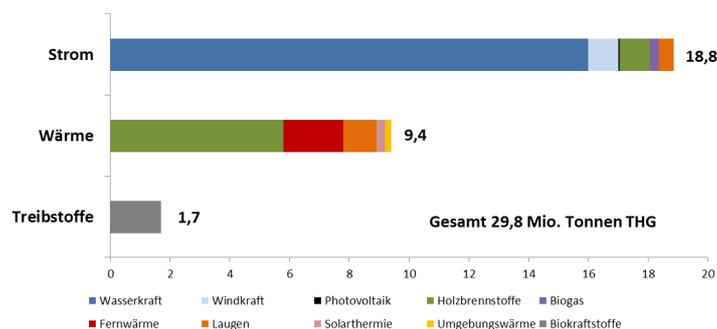


Abbildung 7: Vermiedene Treibhausgasemissionen in Österreich durch die Nutzung von erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Treibstoffe. [27].

Die ökologischen Auswirkungen von Kraftwerken für die Elektrizitätserzeugung sowie die gesellschaftliche Belastung zeigen die Vorteilhaftigkeit von Wasserkraft gegenüber anderen Technologien [22].

<sup>14</sup> Energy payback ratio...Verhältnis der insgesamt erzeugten Energie und der Energie die für die Investition und den Betrieb notwendig ist.

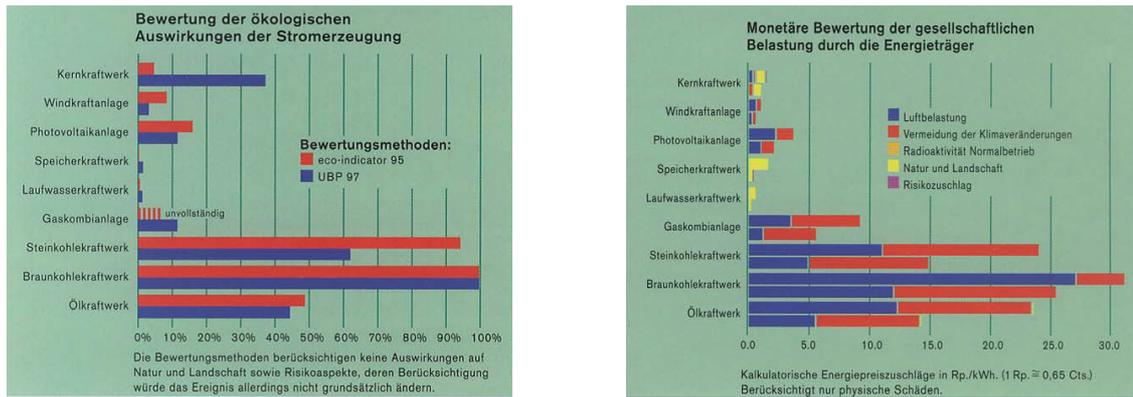


Abbildung 8: Bewertung der ökologischen Auswirkungen der Stromerzeugung (rechtes Bild) und monetäre Bewertung der gesellschaftlichen Belastung durch die Energieträger (linkes Bild) [22].

Abbildung 8 zeigt, dass Wasserkraftwerke sowohl ökologisch als auch gesellschaftlich die geringsten Auswirkungen, verglichen zu anderen Technologien der Stromerzeugung, haben. Dies sollte in den aktuell stattfindenden Diskussionen rund um die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und anderen Bestrebungen, wie Wasserzinsforderungen im Auge behalten werden. Die einseitige Belastung von Wasserkraft, einer am Markt agierenden umweltfreundlichen Technologie, sollte im Sinne der Nachhaltigkeit unterbunden werden.

### Flexibilität – Garant zur Integration von Wind und Sonne

Neben diesen beschriebenen Vorteilen weist Wasserkraft auch zukünftig eine wichtige Funktion im elektrischen System auf. Durch die hohe Flexibilität von (Pump)Speicherkraftwerken ist Wasserkraft der Garant für die Integration der stark fluktuierenden Erzeugungsarten (Wind und Solar). Diese Eigenschaft der „Flexibilität“ ist damit neben dem Ausbau der Übertragungsnetze ein wesentliches Bauelement zur Erreichung der energiepolitischen Zielsetzungen der Europäischen Union.

## Rolle der Wasserkraft für die elektrisch betriebene Eisenbahn in Österreich

### Wasserkraft als Garant für eine umweltfreundliche Mobilität

Im Jahr 2012 transportierte die Österreichische Bundesbahn (ÖBB) 464 Mio. Passagiere (davon 224 Mio. mit der Eisenbahn) und 113 Mio. Tonnen Fracht. Der „Treibstoff“ für die elektrisch betriebene Eisenbahn in Österreich ist zu über 90 % erneuerbare Energie, dies macht die ÖBB zu der energieeffizientesten und umweltfreundlichsten Bahn Europas. In Abbildung 9 sind die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro gefahrenen Personenkilometer für unterschiedliche Verkehrsmittel dargestellt. Die Bahnen in Europa sind verglichen mit dem Straßen- und Flugtransport um den Faktor 3 klimaschonender, gemessen an den spezifischen Treibhausgasemissionen [23]. Die ÖBB ist nochmals um den Faktor 3 klimaschonender als der Durchschnitt der europäischen Bahnen.

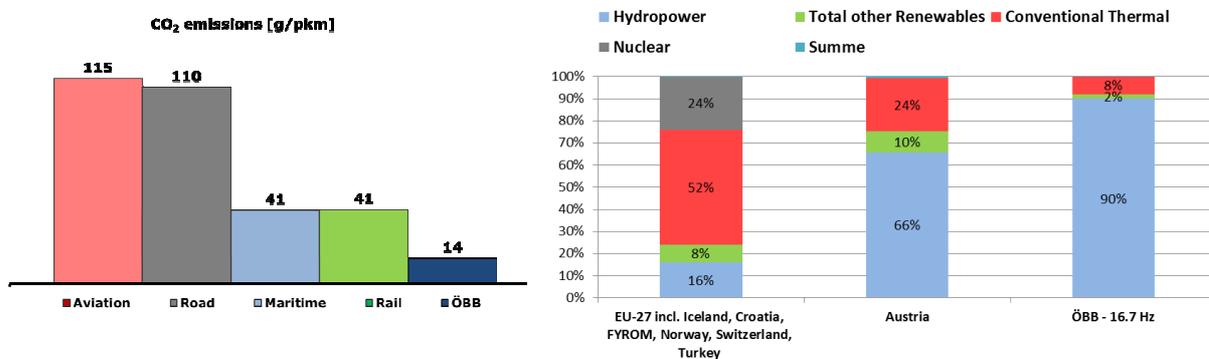


Abbildung 9: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro gefahrenen Personenkilometer unterschiedlicher Transportmittel (rechtes Bild) und Aufbringungsmix von Europa, Österreich und ÖBB (linkes Bild) [23] und [24].

Der Grund für diese hervorragende Umwelleistung der ÖBB ist in deren „Treibstoffzusammensetzung“ zu sehen. Ebenfalls in Abbildung 9 ist der Aufbringungsmix der ÖBB verglichen mit jenen von Europa und Österreich dargestellt. Wie klar zu erkennen ist, ist bei den ÖBB die Wasserkraft die

dominante Energiequelle für die elektrische Eisenbahn. Wasserkraft ist damit ein Garant für eine umweltfreundliche Mobilität bei den ÖBB und unterstützt damit die angestrebten europäischen Zielsetzungen hin zu einem „hocheffizienten kohlenstoffarmen“ Wirtschaftsraum.

### Wasserkraft als Garant für einen sicheren Bahnbetrieb

Wasserkraft als Antrieb der elektrisch betriebenen Bahn ist einerseits ein Garant für eine umwelt- und klimafreundliche Mobilität, andererseits sind die Wasserkraftwerke für die ÖBB unabdingbar für die sichere Bahnstromversorgung. Im Bahnstromnetz verkehren Triebfahrzeuge mit einer Einzellast von bis zu 10.000 PS und bewirken dadurch eine sehr hohe Lastdynamik im Bahnstromsystem. In Abbildung 10 ist die Lastdynamik im Bahnstromsystem dargestellt. Während im öffentlichen 50 Hz System die Lastschwankung um den Wert von 1:3 im Tagesverlauf liegen, liegen die Schwankungen im Bahnstromnetz der ÖBB um den Wert 1:14 im Minutenbereich. Dies zeigt die Wichtigkeit der Speicherkraftwerke für die Ausregelung des sicheren Eisenbahnbetriebes in Österreich. Wasserkraft ist für die ÖBB eine entscheidende Energiequelle. Wasserkraftanlagen sind Eigenbedarfsanlagen, die zweckgebunden für das Transportmittel Bahn eingesetzt werden. Auf dem Hintergrund der gerade laufenden Diskussionen über Möglichkeiten der Schwallreduktionen an Österreichs Fließgewässer ist auf diese Besonderheiten Rücksicht zuzunehmen.

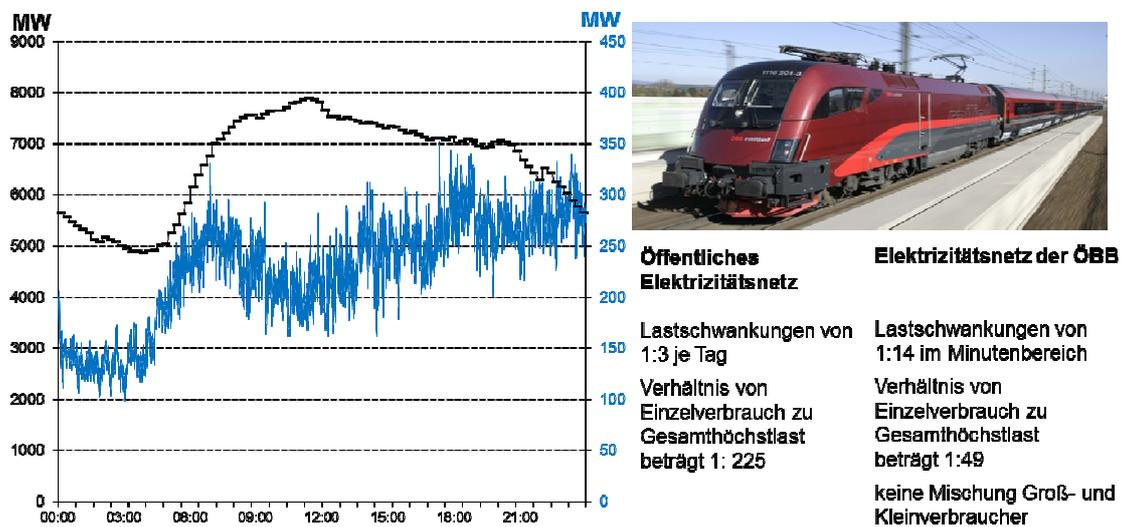


Abbildung 10: Lastdynamik im Bahnstromsystem der ÖBB.

Gerade im Verkehrsbereich gibt es die größten Zuwächse an Treibhausgasen seit 1990 (vgl. Abbildung 4). Jede Tonne Ware und jede transportierte Person mit der Bahn ist Klimaschutz, dies sollte den Entscheidungsträgern bewusst sein. Die ÖBB erspart der Umwelt durch den Betrieb der 10 Wasserkraftwerke jährlich über 3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

In Tabelle 7 sind nochmals wesentliche Vorteile der Bahn zur Unterstützung von politischen Zielen dargestellt. Die Bahn unterstützt sowohl energie-, klima- als auch verkehrs- und umweltpolitische Zielsetzungen. Dies gelingt in Österreich auch durch den hohen Einsatz von Wasserkraft bei den ÖBB.

Tabelle 7: Beitrag der ÖBB zur Unterstützung europäischer Ziele (eigene Darstellung).

Energiapolitik / Verkehrspolitik	Umweltpolitik / Klimapolitik
Reduktion der Energieimportabhängigkeit	Reduktion der Treibhausgasemissionen
Erhöhung der Energieeffizienz im Sektor Verkehr	Reduktion des Ressourcenverbrauchs
Vermehrter erneuerbarer Energieeinsatz im Sektor Verkehr	Reduktion der Schadstoffbelastung durch den Straßenverkehr (Gesundheit)

## Ausblick

Die derzeitigen Diskussionen über die Energie- und Klimapolitik beziehen sich größtenteils auf die Elektrizität. Dies scheint sich seit Jahrzehnten nicht geändert zu haben. Energiesparen wird mit „Lichtsparen“ gleichgesetzt, obwohl deren Anteil am Endverbrauch im einstelligen Prozentwert liegt. Auto fahren, heizen und kühlen von Räumen werden nicht als die großen Energiesenken gesehen. Hier scheint enormer Aufholbedarf, diese Fakten ins öffentliche Bewusstsein (Entscheidungsträger sind davon nicht ausgenommen) zu bringen.

Durch die Förderungsregime in Europa für erneuerbare Energieträger im Elektrizitätssegment entsteht noch ein weiteres Dilemma. Jene Personen, die es sich leisten können, Flächen für Sonnenenergieanlagen bereitzustellen (bspw. Landwirte, Hausbesitzer, Hotelbesitzer), profitieren durch geringere Netzkosten und Energiekosten bei gleichzeitigem Bezug von Förderungen, die alle Stromabnehmer zahlen. Mieter in Zinshäusern, die nicht über entsprechende Flächen verfügen, zahlen jedoch dafür langfristig höhere Netztarife. Denn Personen mit PV-Anlagen beziehen weniger Energie aus den Stromnetzen und damit bleiben die Kosten überproportional bei jenen hängen, die ohnehin nicht zu den wohlhabendsten Menschen in der Gesellschaft zählen. Die viel beschworene „*Energiearmut*“ bekommt durch solche Mechanismen wieder Anschlag.

In Italien ist die Investition in Windkraftanlagen derart lukrativ verglichen mit anderen Investments, dass sogar die Mafia in dieses Geschäft einsteigt [25]. Durch die erhöhte Installationen von Solaranlagen in Spanien, Deutschland und Italien (bis 2020 werden 43 GW erwartet) geht man davon aus, dass der Strombedarf um 6-9 % reduziert wird [26].

Die angenommene Dezentralisierung des Elektrizitätssystems erhöht die Fixkostenbestandteile des Strompreises, aufgrund steigender Netzkosten. Dies widerspricht jedoch dem Gedanken des freien Marktes. Mehr als 50 % der Strompreiskomponenten sind reguliert. Diese pointierten Beispiele dienen dazu zu zeigen, dass bei der Integration von erneuerbaren Energien, eine Vielzahl von Folgeeffekten zu berücksichtigen sind.

Energiepolitik sollte nicht nur Elektrizität im Auge haben, die für ca. 20 % des Energieverbrauchs steht. Energieeffizienz im Mobilitäts- als auch Gebäudebereich spielen eine wichtige Rolle zur Erreichung europäischer Ziele, zumal diese Bereiche für einen Großteil des Energieverbrauchs stehen. Mit kosteneffizienten Maßnahmen wie Gebäudeisolierungen, bis hin zu einfachen Regelungen der Raumtemperatur, innovative Konzepte der Mobilität mit optimaler Vernetzung der Verkehrsträger, als auch Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energieträgern (z.B. Wasserkraft) am Treibstoff der Bahn stellen gewichtige Möglichkeiten dar, den europäischen Zielen näher zu kommen.

## Literaturverzeichnis

- [1] IEA (2013). World Energy Outlook 2013.
- [2] Schmidt, M. (2013). *Kostensteigerung durch die deutsche Energiewende aus Sicht eines globalen Energieunternehmens*. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 63. Jg., Heft 6, S. 26-27.
- [3] 13th PwC Annual Global Power & Utilities Survey (2013). *Energy transformation. The impact on the power sector business model*.
- [4] Europäische Kommission. *Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050*. KOM (2011) 112 endgültig.
- [5] Europäische Kommission. Pressemitteilung. *Leitlinien für staatliche Interventionen im Stromsektor*. Brüssel, 5. November 2013.
- [6] Europäische Kommission. *Fact sheet*. The EU Emissions Trading System (EU ETS). Stand Oktober 2013. [http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/factsheet\\_ets\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/factsheet_ets_en.pdf)
- [7] Europäische Kommission. Grünbuch. *Ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030*. KOM (2013) 169 endgültig.
- [8] Europäische Kommission. Commissions Services Non Paper. *Green Paper 2030. Main outcomes of the public consultation* (November 2013). [http://ec.europa.eu/energy/consultations/20130702\\_green\\_paper\\_2030\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/consultations/20130702_green_paper_2030_en.htm)
- [9] Workshop "Plötzlich Blackout!" am 29.11.2013 in der Wirtschaftskammer Österreich in Wien.
- [10] Hobohm, J. und Ess, F. (2013). *Bedeutung der internationalen Wasserkraftspeicherung für die deutsche Energiewende*. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 63. Jg., Heft 1 /2, S. 86-90.
- [11] Österreichs Energie, Fachmagazin der österreichischen E-Wirtschaft, Nov./Dez., 2013, *Willkommen in der Zukunft*, S. 5-15.
- [12] Brauner, G. (2013). *Herausforderungen, Grenzen und Perspektiven der unterschiedlichen Speichertechnologien*. Beitrag am Forum EPCON 2013, Fachkonferenz für Energiespeicher, 24. April 2013 in Mauerbach bei Wien.
- [13] Stigler, H. (1999). *Rahmen, Methoden und Instrumente für die Energieplanung in der neuen Wirtschaftsorganisation der Elektrizitätswirtschaft*. Dissertation an der Technischen Universität Graz.
- [14] European Commission. *EU energy in figures. Statistical Pocketbook 2012*. Printversion.
- [15] Österreichische Biomasseverband (2013). *Basisdaten 2013 - Bioenergie*. Printversion.
- [16] Österreichs Energie (2013). *Strom in Österreich 2013*. Printversion.
- [17] Kyoto-Protokoll: Österreich kauft sich frei. April 2012. [http://www.krone.at/Nachrichten/Kyoto-Protokoll\\_Oesterreich\\_kauft\\_sich\\_frei-Um\\_160\\_Mio.\\_Euro-Story-317195](http://www.krone.at/Nachrichten/Kyoto-Protokoll_Oesterreich_kauft_sich_frei-Um_160_Mio._Euro-Story-317195)
- [18] Piskernik, L. (2008). *Erfolgsfaktoren des Infrastrukturanlagenbaus. Chancen und Nutzen der Energiepsychologie für die Energiewirtschaft beim Bau von Kraftwerken und Hochspannungsleitungen*. Verlag Dr. Müller: Saarbrücken.
- [19] Schwaiger, K (2013). *Wasserkraft und Ökologie, Engagement des BMLFUW im internationalen Konnex*. ÖWAV-Tagung vom 24. Oktober 2013 mit dem Thema: Speicher: und Pumpspeicherkraftwerke. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen im Alpenraum.
- [20]. Appleyard, D (2013). *Hydropower Renaissance*. Signals Investment Surge. Renewable Energy World Magazine. November/December 2013. Page 60-62.
- [21] Eurelectric Fact Sheet, February 2013. *Hydropower for a sustainable Europe*.
- [22] Ökologische (Teil A) und technisch/ökonomische (Teil B) Qualitäten der Wasserkraft eine Übersicht über den Stand des Wissens, *Verbandsschrift Nr. 64 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes Baden*, 2001.

- [23] Veröffentlichung der europäischen Energieagentur. Source: EEA <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/estimated-specific-emissions-of-co2> (Jänner 2014).
- [24] Umweltbundesamt (2013). *Berechnung der Treibhausgasemissionen der Österreichischen Bundesbahnen für das Geschäftsjahr 2012*.
- [25] Müller-Meiningen, J. (2013). *Der Kampf gegen die Windmühlen der Mafia*. Artikel in der Wiener Zeitung vom 30. August 2013, Seite 8.
- [26] UBS (2013). UBS Investment Research, European Utilities. *The Unsubsidised Solar Revolution*. <http://qualenergia.it/sites/default/files/articolo-doc/UBS.pdf>
- [27] Biermayr, P. (2013). *Erneuerbare Energie in Zahlen - Die Entwicklung erneuerbarer Energie in Österreich im Jahr 2011*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltökonomie und Energie, Wien, März 2013.