

Aktuelle Entwicklungen der elektrischen Stromnetze zur Erlangung der EU 2020 Klima- und Energieziele

Christof Sumeder

TU Berlin - Fachbereich Hochspannungstechnik, Einsteinufer 11, 11587 Berlin

TU Graz - IHS, Inffeldgasse 18, 8010 Graz, sumeder@tugraz.at

Kurzfassung: Die Europäische Union bestrebt den Ausstoß an Klimagasen bis zum Jahr 2020 zu senken, den Anteil an erneuerbaren Energien zu erhöhen und die Energieeffizienz zu steigern. Dieser Artikel soll einen Stand über die aktuellen Entwicklungen und Tendenzen zur Erlangung dieser Ziele geben. In den nachfolgenden Betrachtungen sollen Anknüpfungspunkte seitens der Energie- und Hochspannungstechnik aufgezeigt werden, die einen Beitrag zu diesen Energie- und Klimazielen leisten können.

Keywords: EU 2020 Ziele, Energieerzeugung, Hochspannungsleitungen, CO₂-Reduktion

1 Einleitung

Eine der größten Herausforderungen in der heutigen Zeit ist der Kampf gegen die Klimaerwärmung. Seitens der Europäischen Union wurden im Dezember 2008 die so genannten 2020 Klima- und Energieziele definiert, die eine Stabilisierung der steigenden Temperaturen erreichen sollen. Diese Strategie beabsichtigt bis zum Jahr 2020 den Ausstoß an Treibhausgasen um 20% zu senken, den Energieverbrauch durch Effizienzsteigerung um 20% zu reduzieren und die Deckung des Energiebedarfs durch erneuerbare Energien auf 20% zu erhöhen.

Aus diesen Bestrebungen geht klar hervor, dass umfangreiche Maßnahmen in vielen Bereichen erforderlich sind. Diese Ziele können nicht einfach durch Abschalten von alten Kohlekraftwerken und Errichtung einiger Windparks erreicht werden, nein es sind umfangreiche begleitende Eingriffe in die Struktur der elektrischen Energienetze erforderlich.

Es stellt sich jedoch die Frage was kann jedes Land, die Industrie oder sogar jeder Einzelne beitragen und welche Maßnahmen müssen umgesetzt werden. In diesem Beitrag wird ein aktueller Stand der Situation im Bereich der elektrischen Energietechnik mit dem Fokus auf elektrische Stromnetze und Erzeugungsanlagen aufgezeigt. Auch ein Ausblick auf mögliche Potenziale und technologische Neuerungen zur Erlangung dieser 2020 Ziele wird gegeben.

Im speziellen werden Anknüpfungspunkte dieser Energie- und Klimaziele mit der elektrischen Energietechnik und der Hochspannungstechnik gesucht und aufgezeigt. Die Reduktion der Treibhausgase ist begleitet von einem Umdenken in der Erzeugungsstruktur und dem Ausbau des Übertragungsnetzes. Neben den EU 2020 Zielen sind die Energieunternehmen gezwungen effizient zu wirtschaften und stehen seit der Liberalisierung

des Elektrizitätsmarktes im Spannungsfeld einer effizienten Betriebsführung und einer Umstrukturierung durch die Forderung des Ausbaus regenerativer Energiequellen durch Errichtung dezentraler kleinerer Energieerzeugungseinheiten (Kleinwasserkraftwerke, Biomasse udgl.) sowie der Schließung bestehender schadstoffreicher Kraftwerke. Seit einigen Jahren kommt auch die Trennung von Erzeugung und Übertragung, das Unbundling hinzu. Neben diesen Aspekten ist natürlich auch der jährliche Anstieg des Energiebedarfs von etwa 2 bis 3% pro Jahr gegeben, der unweigerlich zu Engpässen auf bestehenden Leitungen sowie der Forderung zur Leitungsverstärkung und dem Leitungsneubau und der damit unmittelbar verbundenen Diskussion der Verkabelung von Höchstspannungsleitungen führt.

Zur Reduktion der Treibhausgase wird neben dem Neubau von regenerativen Kraftwerken auch die Überlegung angestellt das beim Erzeugungsprozess emittierte Kohlendioxid aus den Abgasen abzuscheiden und zu speichern. Diese Technologie ist unter dem Namen Carbon Capture and Storage (CCS) bekannt. Technologisch ist diese Methode zwar möglich, es ist jedoch zu bedenken, dass einerseits das Separieren des CO₂ auch nur durch Energieeinsatz möglich und andererseits die Speicherung von CO₂ ebenso mit CO₂ Ausstoß und einem enormen Platzbedarf verbunden ist.

Durch die Errichtung von großen Solarparks in Südeuropa und Nordafrika sowie Windfarmen in Nord- und Ostsee ist die Errichtung von leistungsstarken Übertragungsleitungen erforderlich geworden. Hiefür setzt sich zunehmend der Gedanke eines überregionalen Übertragungsnetzes durch. Dieses so genannte Supergrid soll vorrangig mittels Hochspannungsgleichstromtechnologie (HGÜ) realisiert werden soll. Auch die Anbindung unterschiedlicher Energienetze zwischen Zentraleuropa und Nordeuropa sowie Nordafrika erfordert die Verstärkung bzw. Neuerrichtung von Seekabel, die zunehmend mittels HGÜ-Technik realisiert werden.

Zum Status im Bereich der Übertragungsnetze soll ein Blick auf die Entwicklungen in Deutschland geworfen werden. Die Deutsche Energie-Agentur hat in zwei Studien Szenarien erarbeitet um den zukünftigen Anforderungen an Ausfallssicherheit, Übertragungsleistung und der geänderten Erzeugungsstruktur gerecht zu werden.

Letztendlich bleibt noch die Forderung nach der Effizienzsteigerung über. Aus technologischer Sicht ist das Potenzial als eher gering einzustufen, betrachtet man den Wirkungsgrad elektromagnetischer Energiewandler (Generatoren, Transformatoren) von erreichbaren 99%, so ist hier ein Ansatz über die Netzstruktur und Übertragungsverluste zu finden. Durch den vermehrten Einsatz von Höchstspannungskabel im vermaschten Netz können querregelbare Transformatoren, so genannten Phasenschieber, den Lastfluss optimieren und somit zu einem effizienterem Netzbetrieb führen.

2 Maßnahmen zur Reduktion des CO₂-Austoßes im Bereich der Energieerzeugung

Betrachtet man den Energieerzeugungsbereich, so sind die Vorgaben der EU-Ziele einerseits durch die Energiewende von der kalorischen Energieerzeugung hin zu

regenerativen Quellen zu erreichen und andererseits durch die Umrüstung bestehender emissionsstarker Kraftwerke mit Anlagen zur Reduktion der Schadgase.

Die einzelnen Mitgliedsländer verfolgen dabei unterschiedliche Strategien, so soll die Situation der CCS-Technologie zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes bei Kohlekraftwerken aufgezeigt werden. Für die Abscheidung von CO₂ aus den Abgasen gibt es unterschiedliche Ansätze, wobei man die Abtrennung vor und nach der Verbrennung sowie die Verbrennung in Sauerstoff unterscheidet. Faktum ist, dass für den Prozess der CO₂-Abscheidung Energie aufgewendet werden muss, die den Gesamtwirkungsgrad wiederum verschlechtert. Der Vorteil der CO₂-Abscheidung kann also nur über eine erhöhte Primärenergiezufuhr erreicht werden. In einer Studie wurde recherchiert, dass man für drei konventionelle Kohlekraftwerke vier CCS-Kraftwerke errichten müsste. Des Weiteren ist die Frage offen, was mit dem gebundenen CO₂ weiter passiert, von einer Lösung für die dauerhafte Endlagerung ist man derzeit noch weit entfernt. Da CO₂ eine chemisch stabile Verbindung ist, kommt die Wiederverwertung nicht in Frage, da sich das CO₂ nach einer gewissen Zeit wieder lösen würde. Auch die Endlagerung im unterirdischen Hohlräumen, Grundwasser oder in tiefen Ozeanschichten erscheint weder als ökologisch sinnvoll noch als umweltverträglich.

Weit zielführender erscheint daher die Strategie zu verfolgen bestehende Kraftwerke durch regenerative Kraftwerke mit ausgeglichener CO₂-Bilanz zu ersetzen. Derzeit setzt man auf einen hohen Windkraftanteil und die dezentrale Erzeugung mittels Kleinkraftwerken (Hackschnitzel, Biogas udgl.) samt Wärmeauskopplung zur Steigerung des Gesamtwirkungsgrads. Mit der Änderung der Erzeugungsstruktur ist auch unmittelbar eine Änderung des Lastflusses im Übertragungsnetz verbunden. Seit der Errichtung von leistungsstarken Windfarmen in der Nord- und Ostsee sowie im Ärmelkanal aber auch in windstarken Gebieten in Küstenregionen und Hügelland werden die bestehenden Leitungskapazitäten immer knapper. Der Ausbau oder gar erforderliche Neubau von Hochspannungsleitungen erfordert einen enormen planerischen Aufwand und aufgrund der strengen Genehmigungsverfahren nehmen diese auch eine entsprechend lange Zeitdauer in Anspruch.

3 Aktuelle Situation im Leitungsbau

Aufgrund der geänderten Erzeugungsstrukturen sind die Übertragungsnetzbetreiber gezwungen bestehende Leitungen aufzurüsten (uprating) oder auch neue Leitungen zu bauen. Bei der Umrüstung bestehender Leitungen werden Leiterseile ausgetauscht (Querschnittserhöhung), was wiederum zu einer erforderlichen Verstärkung der Masten führen kann. Eine andere Methode ist die thermische Überwachung der Leiterseile (Temperaturmonitoring), um die Übertragungskapazität optimal ausnutzen zu können, ohne die höchstzulässige Belastung bzw. den zulässigen Seildurchhang überschreiten zu müssen.

In der Studie „Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020“ (dena-Netzstudie I) der Deutschen

Energie-Agentur wurden bereits 2005 einige notwendige Maßnahmen an den Netzausbau gestellt: Erweiterung des Höchstspannungsnetzes um 850 km bis 2015, Netzverstärkung und Netzausbau von 270 km und Neubau von 5 km bis 2007 in Mitteldeutschland, Neubau von 455 km 380 kV-Doppelleitungen bis 2010, Neubau von 390 km 380 kV-Doppelleitungen bis 2015 sowie Trassenverstärkung von 26 km bestehender Leitungen für den Windenergie-transport aus der Nordsee.

In der im Jahr 2010 veröffentlichten dena-Netzstudie II wurden neben den bereits beschriebenen Netzausbauszenarien auch die technischen Möglichkeiten zur Erhöhung der Betriebsmittelbelastbarkeit von Freileitungen sowohl durch Einsatz von Freileitungsmonitoring (FLM) als auch durch den Einsatz von Hochtemperaturseilen (TAL) untersucht.

Die Leiterseiltemperatur ist einerseits der Strombelastung ($I^2 \cdot R$ – Joule'sche Wärme) und andererseits von den herrschenden Umgebungsbedingungen (Windgeschwindigkeit, Wetterbedingungen) abhängig. Freileitungen werden nach normativen Bedingungen (35°C Umgebungstemperatur, 0.6 m/s Windgeschwindigkeit) dimensioniert und so werden diese zumeist merklich unter der Belastbarkeitsgrenze betrieben. Das FLM zielt nun darauf ab bestehende Leitungen unter Beobachtung der Witterungsbedingungen höher auszunutzen. Gerade in Starkwindzeiten würde eine höhere Erzeugung vorliegen und die Seile der Freileitung eine bessere Abkühlung erfahren, es wurde eine mögliche höhere Strombelastbarkeit von 15 % im Landesinneren bis zu 50 % in Küstenregionen errechnet.

Der Einsatz von hochtemperaturfesten Aluminiumseilen (TAL) ermöglicht eine Leitertemperatur von 150°C und mehr, was einer 50 % höheren Querschnittsausnutzung konventioneller Seile (maximale Betriebstemperatur 80°C) gleichkommen würde.

Wenn man von Neubau von Leitungen spricht, so kommt man um das Thema der Kabellegung im Höchstspannungsnetz nicht herum. Durchaus kontroversielle Ansichten werden aus der Sicht von Netzbetreibern und Leitungsbaueignern mittels Gutachten untermauert. Faktum ist aber, dass neue Leitungen gebaut werden müssen, um die Trendwende in der Energieerzeugung gerecht zu werden sowie den steigenden Energiebedarf sicher abdecken zu können. Ein Lösungsansatz soll an dieser Stelle aufgezeigt werden: Im Niedersächsischen Erdkabelgesetz wurde erstmals eine rechtliche Vorschrift geschaffen, dass Hochspannungsfreileitungen ab einer Distanz von 400 m zu Wohnsiedlungen und 200 m zu Einzelwohnhäusern ausschließlich erdverlegt errichtet werden müssen. Des Weiteren dürfen Landschaftsschutzgebiete nicht gequert oder durchzogen werden. Die vorgeschriebenen Abstände leiteten sich aus der Erkenntnis ab, dass bei einer Distanz von 100 m die gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich der elektromagnetischen Auswirkungen voll erfüllt sind, jedoch die tatsächliche Belastung deutlich über der anzunehmenden Grundbelastung liegt. Für Einzelwohnhäuser wurde daher der doppelte Abstand als angemessen gesehen und bei geschlossenen Wohnanlagen ein zusätzlicher Raum für die typischen wohnumfeldnahen Aktivitäten (Nutzung von Spiel- oder Sportplätzen, ortsrandnahe Wanderwege) berücksichtigt.

Die vorhandenen Übertragungsnetze waren für den Ausgleich zwischen Erzeuger und Verbraucher innerhalb regional begrenzter Regelzonen ausgelegt. Durch die Öffnung des Strommarkts einerseits und des Unbundling (Trennung der Netzgesellschaften von den Erzeugungseinheiten) andererseits ist eine Verlagerung der Lastflüsse gegeben: der Anteil der internationalen Energielieferungen nimmt stark zu, die Energieerzeugung erfolgt nach den an den Strombörsen gehandelten Energiemengen. Ein Weg den dadurch verursachten Engpässen und damit verbundenen unzulässig hohen Belastungen entgegenzuwirken ist der Einsatz von Phasenschiebertransformatoren (PST). In den letzten Jahren wurden im österreichischen Übertragungsnetz drei dieser PST an strategischen Netzknotenpunkten integriert, wodurch es beispielsweise gelungen ist die Übertragungskapazität der Nord-Süd-Leitung um 17% zu erhöhen.

Weitere Leitungstypen wie Gasisolierte Leitung (GIL) oder Hochspannungsgleichspannungsübertragung (HGÜ) werden derzeit nur in Spezialfällen eingesetzt. So werden Ausleitungen von Kavernenkraftwerken heute schon mit GIL ausgeführt, da sie ähnliche elektrische Eigenschaften wie Freileitungen aufweisen und eine sehr hohe Leistungsübertragung zulassen. HGÜ-Kabel werden gerne für die Anbindung von Windparks oder als Seekabel für die Übertragung von Energie über lange Distanzen eingesetzt. Die HGÜ als Freileitung ist in Europa derzeit nicht üblich, Zukunftsmodelle prognostizieren jedoch einen starken Ausbau, um die Energie aus den entstehenden Solarkraftwerken in Nordafrika nach Zentraleuropa transportieren zu können.

Jüngst wurde auch seitens der EU-Kommission eine Verordnung verabschiedet, deren Ziel die Aufrüstung und Modernisierung der Hochspannungsnetze ist. Alleine in Deutschland sollen 9 Mrd. Euro aus dem EU-Haushalt für 12 Projekte bereitgestellt werden. Dazu gehören die Anbindung der Windparks in Nord- und Ostsee an das Stromnetz, der Ausbau der Stromleitungen zwischen den südlichen Mittelmeerländer und dem nördlichen Europa zum Transport von Sonnenenergie und die Anbindung des Baltikums an das europäische Strom- und Gasnetz. Ein weiteres Ziel dieser Verordnung ist die Beschleunigung der Genehmigungsverfahren, wobei laut EU-Energiekommissar Öttinger die Verfahren binnen drei Jahren abgewickelt werden sollen. Mitwirkungsrechte der Bürger sollen nach den Plänen der EU aber nicht eingeschränkt werden, so werden auch die teureren Erdkabel eine entsprechende Rolle spielen.

4 Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken als Beitrag zur Integration von erneuerbaren Energien

Pumpspeicherkraftwerke sind ein probates Mittel zur Speicherung momentan vorhandener überschüssiger Energie unter wirtschaftlichen und ökologischen Mitteln. Keine andere Form der Energiespeicherung erreicht einen ähnlich hohen Wirkungsgrad, die derzeit umworbene dezentrale Speicherung in virtuellen Kraftwerken, Smart Grids unter Berücksichtigung von Elektromobilen hinkt derzeit hinten nach sind bis auf wenige Pilotprojekte reell nicht existent. Neben einer hoher Versorgungssicherheit, der hohen Verfügbarkeit und dem hohen Wirkungsgrad haben die Pumpspeicherkraftwerke hervorragende netzdynamische Eigenschaften, so kann die erforderliche Energie innerhalb kürzester Zeit bereitgestellt

werden und trägt somit zur Flexibilisierung des gesamten Energienetzes dar. Die Leistung des Kraftwerks bestimmt sich aus der gegebenen Fallhöhe und daher sind die alpinen Regionen (Süddeutschland, Österreich, Schweiz) bevorzugt.

Diese Situation bedeutet umgekehrt, dass die überschüssige Windenergie aus den Küstenregionen über mehrere hundert Kilometer in die Alpen abtransportiert werden muss. Gerade dieser Punkt hat in den letzten Monaten zu einer öffentlichen Diskussion geführt, die die Praxis des Stromhandels (Stichwort Negativenergie) stark kritisiert.

Des Weiteren wird oft die „graue Energie“ thematisiert, wobei billiger nicht regenerativ produzierter Strom für den Pumpvorgang zur Energiespeicherung herangezogen wird und dieser dann als „saubere Wasserkraft“ ins Netz eingespeist wird. Zur Vermeidung eines Etikettenschwindels kann nur eine grenzüberschreitende Zertifizierung des Stromursprungs Abhilfe schaffen. Eine physikalische Trennung von Strom aus Kernkraftwerken und jener aus regenerativen Erzeugungsanlagen ist in einem Verbundnetz schlicht unmöglich, nur durch eine kontrollierte Kennzeichnung kann saubererer Strom gewissermaßen gewährleistet werden. Der Ausstieg aus der Atomkraft ist in Deutschland beschlossene Sache und sollte nach heutigem Stand bis 2022 erfolgen. Einem traurigen Schicksal ist diese Energiewende zu verdanken, das Unglück in Fukushima hat zu Umdenken geführt. An einer Lösung für die Endlagerung des Atommülls wird schon seit langem gesucht, diverse Untersuchungen laufen um beispielsweise einen ausgedienten Salzstock in Gorleben zu nutzen. Die Höhe der Kosten für die Atommüllendlagerung kann derzeit nur abgeschätzt werden, allein der fünftägige Sicherheitseinsatz des letzten Atommülltransports in Deutschland belief sich auf 686.000 Euro, der die Öffentlichkeit zu tragen hat.

An der Entwicklung der Energiespeicherung in Druckluftspeicher oder Wasserstoffspeichern wird seit längerem geforscht, deren kommerzieller Einsatz ist jedoch noch nicht all zu bald zu erwarten. Auch die Energiespeicherung in Elektroautos muss derzeit als Vision klassifiziert werden. Blickt man auf die KFZ-Zulassungsstatistik von Österreich, so wurden im vergangenen Jahr 631 Elektroautos zugelassen, das entspricht 0,2 % aller PKW-Neuzulassungen. Die theoretisch mögliche Energiespeicherkapazität ist also vernachlässigbar gering.

Jene Länder, die aufgrund der topologischen Situation begünstigt sind, sind daher gut beraten den Ausbau von Speicherkraftwerken voranzutreiben, um der zukünftigen Energiesituation gewachsen zu sein. In Regionen, die aufgrund ihrer flachen Struktur topologisch benachteiligt sind, laufen Untersuchungen Pumpspeicherkraftwerke unter Tage zu bauen, sogenannte Unterflurpumpspeicherkraftwerke – UPW. Dabei sollen die Stollen von stillgelegten Bergbaugebieten genutzt werden, auch in Kombination mit geothermischen Überlegungen.

Es gibt auch mehrere Projekte, die die Errichtung von Speicherseen in der Nähe von Windparks untersuchen. Als Beispiel sollen hier ein Projekt der RWE und eines Kohlebergbaukonzerns erwähnt werden. Am stillgelegten Areal soll ein Pumpspeicherkraftwerk und ein Windpark errichtet werden, wobei der projektierte See ein Fassungsvermögen von 0,6 Mio. m³ und eine Fallhöhe von 50 m aufweist. Mit einer Leistung des Motorgenerators von 20 MVA könnten im Fall einer Flaute 8.000 Haushalte sechs Stunden versorgt werden. Dieses Projekt zeichnet sich sicherlich nicht durch hohe Speichervermögen aus, jedoch sind für die Umsetzung des Projekts im Industriegebiet keine Widerstände aus der Bevölkerung wie bei anderen Neubauten in noch unbebauter Landschaft zu erwarten und auch die Behördenverfahren sollten daher wesentlich rascher abgeschlossen werden können.

5 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden potenzielle Möglichkeiten aufgezeigt, wie der Beitrag der Energietechnik zur Erlangung der EU 2020 Klima- und Energieziele ausfallen könnte. Es wurde auf die Möglichkeit zur Vermeidung von Emissionen eingegangen und auf die mit der Energiewende verbundenen Strukturerefordernisse von Übertragungsnetzen. Die Energiespeicherung wird zukünftig eine wichtigere Rolle spielen und für Bereitstellung von Ausgleichsenergie an Bedeutung gewinnen. Der Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken stellt daher einen Eckpfeiler in der zukünftigen Entwicklung dar.

6 Literatur

Ulf Bossel: Aber wohin mit dem CO₂? Ein kritischer Blick auf Carbon Capture and Storage, Bulletin 11/2011

Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020, dena-Netzstudie I

Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025, dena-Netzstudie II

Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen (Energieleitungsausbaugesetz - EnLAG), <http://www.netzausbau-niedersachsen.de/downloads/enlag---neu.pdf>

D. Bonmann, ed al.: Phasenschiebertransformatoren schützen das Übertragungsnetz von Verbund – APG, ew Jg. 106 (2007), Heft 11

EU-Kommission treibt Ausbau der Stromnetze voran, WELT-Online, Download am 20.01.2012

Einsatz bei Castor Transport, Berliner Zeitung, Download am 22.01.2012

U. Schreiber: Unterflur-Pumpspeicherkraftwerke, Download am 20.01.2012, <http://www.uni-due.de/geotechnik/forschung/upw.shtml>

Erich Reimann: Grüner Strom von der Kohlehalde, The Epoch Times, Download am 20-01-2012, http://www.epochtimes.de/644914_gruener-strom-von-der-kohlehalde-.html