

ENERGIE.....

Ausgabe 3/2010

Perspektiven

Forschung für die Energieversorgung von morgen

Stromversorgung

Ein Netz für den Wind



Foto: ABB/transpower

Seekabel für den Stromtransport werden auf überdimensionale Kabelrollen aufgewickelt, bevor sie zum Verlegen auf ein Schiff verladen werden.

Vor gut fünfzig Jahren entstand das heutige 380 Kilovolt-Übertragungsnetz. Es sollte den Strom von den Kraftwerken in die Nähe der Verbrauchszentren bringen und Störungen ausgleichen. Große Stromtransits über weite Strecken waren noch keine Aufgabe.

Das änderte sich mit der Liberalisierung des europäischen Energie-

markts in den 1990er Jahren. Im Interesse des Wettbewerbs nimmt der Stromtransport in Europa seither großflächig zu. In Deutschland wird der geplante Ausbau der Windenergie dies nochmals verstärken. Den Strom aus dem Norden, wo der Wind am stärksten weht, zu den Verbrauchern in Mittel- und

EDITORIAL

Bis 2050 soll Strom aus erneuerbaren Energien vier Fünftel des Bruttostromverbrauchs decken, so das Energiekonzept der Bundesregierung. Beitragen soll vor allem die an Land und auf See massiv auszubauende Windenergie. Parallel dazu müssen die Stromnetze wachsen. Lagen bisher die Kraftwerke relativ nah an den Verbrauchszentren, werden künftig Stromautobahnen die elektrische Energie über weite Strecken transportieren: Das zu entwickelnde „Zielnetz 2050“ wird über die bisherigen Ausbaupläne (S. 1, 2) noch hinausgehen; auch neue Stromspeicher für die fluktuierenden Quellen gehören dazu. Die Redaktion

Ergänzt werden die gedruckten Kurzbeiträge durch weiterführende Artikel im World-Wide Web.



Das Höchstspannungsnetz transportiert Strom über weite Strecken

Foto: EnBW/Bernd Franck

Süddeutschland zu bringen, belastet das Netz so stark, dass ein Ausbau unvermeidlich wird. Zusätzliche 850 Leitungskilometer sind zu errichten, sagt die Netzstudie I der Deutschen Energie Agentur Dena, um den zentral auf See und dezentral an Land erzeugten Windstrom in das Verbundnetz zu integrieren (siehe Energie-Perspektiven 1/2005). Nur so können erneuerbare Energien bis 2015 den gewünschten Anteil von 20 Prozent an der deutschen Stromerzeugung erreichen.

Die Ergebnisse der Dena-Studie gingen als Ausbauprojekte ein in das 2009 verabschiedete Energieleitungsausbaugesetz. Es soll mit verkürzten Genehmigungszeiten die Netzaufrüstung beschleunigen, „eine wichtige Voraussetzung, um die dringend notwendigen neuen Stromautobahnen realisieren zu können“, so Hildegard Müller vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. Die bisherige Genehmigungsdauer von acht bis zehn Jahren sei „einfach zu lang“.

Die heute wichtigste Methode der Stromübertragung sind Freileitungen, mit rund einer Million Euro pro Kilometer Doppelleitung auch die billigste. Insgesamt 110.000 Kilometer dieser Höchstspannungs-Trassen durchziehen Europa. Die hohen Masten sind unübersehbar – der Grund für mäßige Akzeptanz. „Weder der massive Eingriff in die Natur und Landschaft noch die Kosten für die Stromkunden, die die Leitung bezahlen müssten, sind vertretbar“, beschwert sich zum Beispiel ein Gutachten zur geplan-

ten 380 Kilovolt-Verbindung von Südthüringen nach Oberfranken, das von Landräten, Bürgermeistern und Bürgerinitiativen der betroffenen Gemeinden in Auftrag gegeben wurde. Um den bis 2020 in den neuen Bundesländern an Land zu erwartenden Windstrom vom Vattenfall-Gebiet im Nordosten in die E.ON-Zone nach Bayern zu bringen, sei es statt des vorgesehenen Neubaus einer 60 Kilometer langen Freileitung kostengünstiger, die bestehende Leitung durch Hochtemperaturseile und Leitungs-Monito-

Netzverstärkungen und Netzausbau im Höchstspannungsübertragungsnetz, die laut Dena-Netzstudie I bis zum Jahr 2015 nötig werden (grün trifft: Ausbaustrecken, rot: 380 kV-Leitung, grün: 220 kV-Leitung, blau: HGÜ-Freileitung/Kabel)

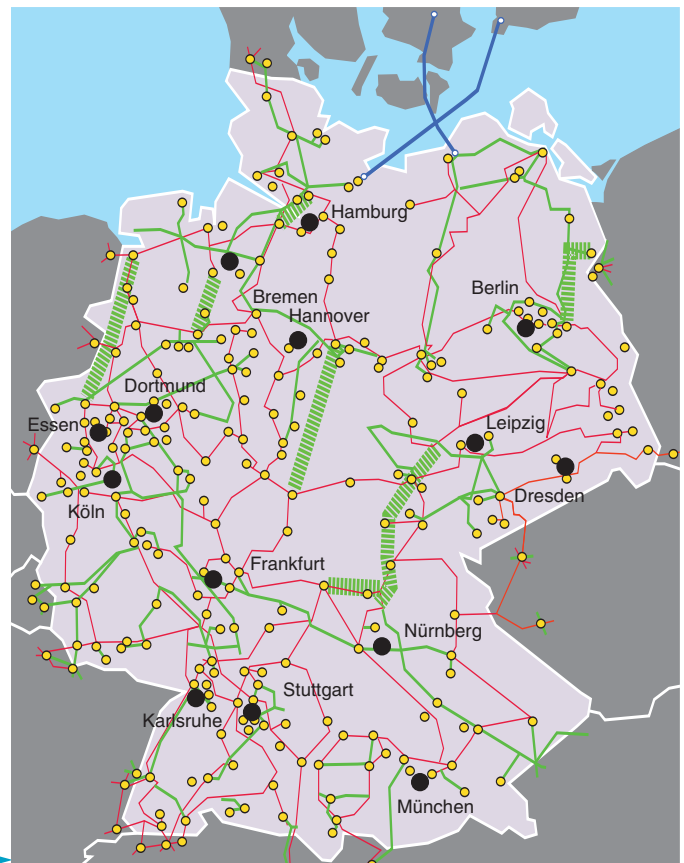


ring aufzurüsten – Ergebnisse, die allerdings Netzbetreiber und Dena zurückweisen.

Hochtemperaturseile sind zwar teurer als normale Leitungen, können jedoch höhere Temperaturen und damit höhere Übertragungsleistungen verkraften. Zurzeit laufen dazu Pilotversuche. Allerdings steigen mit stärkerem Strom auch die Verluste deutlich an – was ebenso für das Leiterseil-Monitoring gilt: Wird die Leitertemperatur ständig kontrolliert, lässt sich kaltes Wetter ausnutzen, um mehr Strom zu transportieren.

Unauffälliger, aber vier- bis zehnmals teurer als Freileitungen sind in der Erde verlegte Stromkabel. Während des Baus sind die Eingriffe in die Landschaft zwar erheblich; danach ist jedoch – abgesehen von einem Schutzstreifen, der nicht überbaut werden darf – nicht mehr viel zu sehen. Erdkabel bis 110 bzw. auch 220 Kilovolt sind heute Standard. Mit 380-Kilovolt-Kabeln hat man dagegen noch wenig Betriebs Erfahrung, sagt die Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG) in einer Übersicht zur „Übertragung elektrischer Energie“.

Zum Transport über große Distanzen wird Hochspannungsgleichstrom-Übertragung (HGÜ) interes-



Grafik: IPP, Daten: Dena 2006

sant: Die sonst übliche Wechselspannung wird von Umrichtern am Leitungsanfang in Gleichstrom umgewandelt, am Ende wieder zurück in Wechselstrom. Vorteil sind die niedrigen Übertragungsverluste, die ab etwa tausend Kilometer Leitungslänge die hohen Kosten und Verluste der Umrichter mehr als kompensieren. „Bei Offshore-An-

wendungen sind HGÜ-Seekabel in der Regel schon aus technischen Gründen die alleinige Lösung“, so die ETG. Allerdings sind, weil jeweils Stromrichter und spezielle Schalter nötig werden, Verzweigungen nicht einfach. Wie dennoch Gleichstromnetze möglich werden könnten, wird zurzeit untersucht. Demnächst veröffentlicht werden

soll die Fortsetzung der Dena-Netzstudie. Teil II soll zeigen, wie der bis 2025 angestrebte 30-Prozent-Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung – darunter 20 Gigawatt Offshore-Windstrom – in das Netz integriert werden kann. imi

➔ *Weiteres:*
www.energie-perspektiven.de

Energieeffizienz

Lumen statt Watt – Lampen in neuer Verpackung

Das Lampenregal im Baumarkt wartet seit Herbst mit einer Überraschung auf: Statt der gewohnten Wattzahl prangt – wie von der EU gefordert – groß ein Lumenwert auf den Packungen. Lumen steht für die wichtigste Eigenschaft einer Lampe: ihre Helligkeit. Der Verbraucher aber ist irritiert, denn obwohl die Watt-Angabe die elektrische Leistungsaufnahme der Lampe bezeichnen, verbindet er mit ihnen eine bestimmte Helligkeit. Das funktioniert, solange alle Lampen gleich viel Licht pro Watt Leistung liefern, wie es früher der Fall war. Doch heute erzeugt eine 60 Watt-Glühlampe etwa 750 Lumen, eine Halogenlampe ist schon mit ungefähr 42 Watt so hell und eine Energiesparlampe zieht dafür 11 bis 15 Watt aus dem Netz. Dem trägt die EU nun Rechnung, verlangt aber weiterhin auch die Angabe von Watt auf der Packung. Die Änderung ist Teil derselben Verordnung, die ab September 2010 Glühlampen über 60 Watt aus dem Handel nimmt. Als Alternativen kommen überwiegend Halogen- und Energiesparlampen in Frage. Letztere geraten aber immer wieder in die Kritik: Im April 2010 bewertete die Stiftung Warentest nur wenige der 28 untersuchten warmweißen Sparlampen mit „gut“ und fällt überwiegend das Urteil „ausrei-

chend“ (siehe auch Energie Perspektiven 4/2008). Ein wichtiger Kritikpunkt war der starke Helligkeitsabfall – fast jede zweite Lampe lieferte schon nach 3.000 Stunden nur mehr 80 Prozent ihres Ausgangswerts. Würde man sie dann auswechseln, wie es die Richtlinien für Arbeitsplätze verlangen, hätte sie nur drei Mal länger als eine Glühlampe durchgehalten. Ein Gutteil der Lampen fiel überdies nach 6.000 Stunden ganz aus und viele überstanden keine 10.000 Schaltzyklen.

Weiter bemängelten die Tester, dass manche Exemplare ihre volle Helligkeit erst spät nach dem Einschalten erreichten, und dass be-



LED-Lampen

empfohlen, das Recycling zu verbessern. Viele Hersteller arbeiten auch an einer Reduzierung des Quecksilbergehalts.

Die Sprecherin von Osram, Nadine Müller, zählt weitere Neuerungen auf: „Mittlerweile gibt es sehr kleine Lampen, Versionen mit sehr kurzen Anlaufzeiten und warmes Licht, das dem der Glühlampe noch ähnlicher ist. Zusätzlich haben wir sehr effiziente Halogenlampen“. Wie ihr Kollege Bernd Glaser von Philips weist sie auf die wachsende



Halogen- und Energiesparlampen-Lampen

sonders warm-weiße Versionen Farben – speziell Rottöne – verfälschen. Der Test ermittelte auch den gesamten Primärenergiebedarf der Lampe – von der Herstellung über den Betrieb bis hin zur Entsorgung. Eine Glühlampe wäre nach diesen Kriterien mangelhaft, die meisten Testexemplare schnitten gut ab. Ein Dorn im Auge ist den Testern der Quecksilbergehalt von Energiesparlampen: Hier vergaben sie meist die Note ausreichend und

Attraktivität von Leuchtdioden (LED) hin. Mit LED bestückte Lampen sind schon heute so effizient wie Energiesparlampen und werden sie demnächst übertreffen. Außerdem leuchten sie wesentlich länger und geben Farben besser wieder. Einzig ihr Preis schreckt noch viele Kunden ab. Aber der, so Glaser, bewege sich schnell: „Unsere 40 Watt-LED-Lampe ist heute nur mehr halb so teuer wie vor einem Jahr“.

Christine Rüth

Handelsübliche Batterien sind aus aufgewickelten Schichten aufgebaut. „Dadurch lassen sich bisher Batterien nur begrenzt verkleinern, denn das Aufwickeln der Lagen funktioniert lediglich auf makroskopischer Ebene“, erklärt Prof. Dr. Oliver Schmidt. Seine Forschergruppe an der TU Chemnitz und am Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstofforschung arbeitet daran, diese Begrenzung aufzuheben.

Dazu werden dünne Lagen aus abwechselnd metallischen und dielektrischen Materialien auf einer flachen Unterlage aufgebracht. Es entsteht ein Schichtsystem, das in sich hoch verspannt ist. Diese mechanische Verspannung kann durch Ablösen der dünnen Lagen freigesetzt werden: Die Schichten rollen sich von selbst zu winzigen, ultrakompakten Energiespeichern auf, die eine enorme Energie pro Fläche auf einem Chip speichern können – „mehr als zweimal so viel wie mit herkömmlichen Technologien“, meint Schmidt. Die Forscher können unterschied-

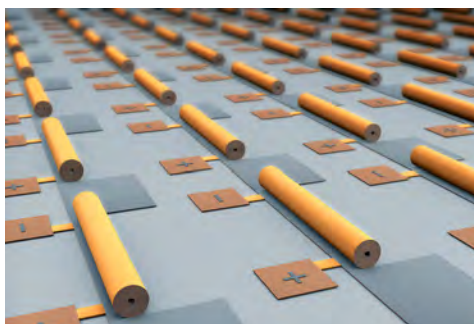
Energiespeicher

Batterien im Staubkorn

lichste Werkstoffe verbinden – Metalle und Isolatoren, aber auch organische Stoffe wie Polymere oder ultradünne Moleküllagen – so dass verschiedene Arten der Energiespeicherung möglich sind: Batterien bieten langfristige Speicherung, Kondensatoren setzen die Energie schnell frei, etwa für winzige Elektromotoren. Verwendet werden könnten die Mini-Batterien auch für die lokale Energieversorgung von Silizium-Chips oder für den Antrieb von autonomen Systemen wie klei-

nen Robotern. Eine Vision ist der Einsatz in „Smart Dust“, intelligentem Staub – winzige Sensorsysteme, die zum Beispiel die Temperatur in Wirbelstürmen messen können. „Wenn die Sensorsysteme nicht größer sind als Staubkörner, darf natürlich auch die Energieversorgung nicht groß sein“, sagt Schmidt. Aufgeladen wird die Batterie durch eine kleine Solarzelle oder ein thermoelektrisches Element. Bis zur Anwendungsreife, schätzt Schmidt, dauert es noch etwa fünf Jahre. Katharina Thehos

Grafik: IFW Chemnitz



Ultradünne Schichtsysteme wickeln sich von selbst in tausendfacher Ausföhrung zu kleinen Energiespeichern mit etwa zehn Mikrometern Durchmesser auf.

Fusionsforschung

In zehn Schritten zum Ziel

Ein spielerisches Tutorial zur Fusionsforschung hat das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching und Greifswald anlässlich seines fünfzigsten Gründungsjubiläums herausgegeben. Auf dem Internetportal www.ipp.mpg.de führt es die Spieler – junge Leute ab zwölf Jahren – in zehn Schritten zum Ziel der Forscher: einem Fusionskraft-

werk, das wie die Sonne Energie aus der Verschmelzung von Atomkernen gewinnt.

In dem Lernspiel können die Spieler einen Teil der Fragen, die sich den Forschern stellen, interaktiv kennen lernen. Dabei wird nicht nur Wissen vermittelt, sondern auch Geschicklichkeit verlangt: Die Spieler können sich als Physiker versuchen und – die nötige Wendigkeit vorausgesetzt – den Fusionsbrennstoff aufheizen, die Atomkerne zum Verschmelzen bringen sowie schließlich ein komplettes Kraftwerk errichten. Im Jubiläumsjahr des IPP werden zudem monatlich unter den Spielerinnen und Spielern kleine Preise verlost.

Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik wurde am 28. Juni 1960 gegründet. Zur Entwicklung eines Fusionskraftwerks muss es gelingen, den Brennstoff – ein dünnes ionisiertes Wasserstoffgas, ein „Plasma“ – berührungsfrei in einem magnetischen Käfig einzuschließen und auf Zündtemperaturen über 100 Millionen Grad aufzuheizen. Um mehr als das Milliardenfache ist die erreichte Fusionsleistung von den Anfängen bis hin zu den Welt-

rekordwerten der europäischen Gemeinschaftsanlage JET gestiegen. Die große internationale Testanlage ITER, die zurzeit in weltumspannender Kooperation in Cadarache in Südfrankreich entsteht, soll erstmals ein sich selbst heizendes und Energie lieferndes Plasma erzeugen – eine Entwicklung, an der das IPP mit seinen experimentellen und theoretischen Arbeiten wesentlichen Anteil hat. Nachlesen lässt sich dies in der zum Jubiläum erschienenen Festschrift, die fünf Jahrzehnte Fusionsforschung auf sechzig Seiten zusammenfasst. imi

➔ *Weiteres:*
www.energie-perspektiven.de



IMPRESSUM

Herausgeber:
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
Postfach 1322, 85741 Garching
Tel.: (089) 3299-1288
Fax: (089) 3299-2622
E-Mail: info@ipp.mpg.de
Redaktion: Isabella Milch
Gestaltung: Dagmar Aalden
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier
11. Jahrgang 2010
Nächste Ausgabe: Dezember 2010
Abonnement:
www.energie-perspektiven.de
ISSN 1438-5708