



„Netzausbau durch Freileitungen und Erdkabel“¹

Warum brauchen wir überhaupt einen Netzausbau?

Die deutschen Stromnetze müssen für die Herausforderungen der Zukunft ausgebaut werden. Es wird immer mehr Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt und in die Netze eingespeist, die schon jetzt an ihre Übertragungsgrenzen gelangt sind. Die dena-Netzstudie hat gezeigt, dass das deutsche Höchstspannungsübertragungsnetz bis zum Jahr 2015 um 850 km erweitert werden muss. Hinzu kommt der europaweit wachsende Handel mit Strom, der in immer größeren Mengen über die bestehenden Engpässe an den Grenzen geleitet werden muss. Schließlich müssen die Netze aber auch an die Veränderungen im deutschen Kraftwerkpark angepasst werden. Denn in den kommenden Jahren und Jahrzehnten muss ein großer Teil der deutschen Kraftwerke erneuert werden. Was passiert, wenn der Netzausbau nicht schnell genug durchgeführt wird, zeigt die Erfahrung in einzelnen Regionen Deutschlands: Hier werden bereits heute bestimmte erneuerbare Energien nicht weiter ausgebaut, weil die Netze den Strom nicht mehr aufnehmen können. Davon wäre auch der zukünftige Ausbau der Offshore-Windenergie betroffen. Es müssen daher zügig weitere Kapazitäten im Netz geschaffen werden. Denn nur so kann Deutschland seine Ziele im Klimaschutz erreichen und seine Importabhängigkeit von anderen Energieträgern verringern. Außerdem würden erhöhte Handelskapazitäten in Deutschland und mit dem benachbarten Ausland zu einer Angleichung der Strompreise führen. Durch günstigeren Strom, z. B. aus Skandinavien, könnten die Strompreise sogar sinken. Um kurz- bis mittelfristig die Netzkapazitäten zu vergrößern, sollte auch der Netzbetrieb optimiert und die noch bestehenden Effizienzpotenziale der Netze genutzt werden².

Wie sollen die Netze ausgebaut werden?

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, neue Stromleitungen zu bauen. Am bekanntesten sind Freileitungen; daneben sind allerdings auch Erdkabel oder gasisolierte Leitungen (GIL) technisch machbar, die – im Gegensatz zu den Freileitungen – unterirdisch verlegt werden. Bisher ist der Netzausbau in Deutschland auf der Hoch- und Höchstspannungsebene³ weitgehend durch Freileitungen erfolgt, und auch in Zukunft werden wir für die Integration der erneuerbaren Energien in hohem Maße auf Freileitungen angewiesen sein. Allerdings wird der Netzausbau in der Nähe von Wohnsiedlungen und ökologisch wertvollen Bereichen in der Öffentlichkeit, speziell bei der lokal betroffenen Bevölkerung sowie den Umwelt- und Naturschutz-

¹ Erstellt durch das Referat KI III 3 – Wasserkraft, Windenergie und Netzintegration der Erneuerbaren Energien

² Die Anwendung bereits heute verfügbarer Techniken, wie z. B. die temperaturgesteuerte Auslastung von Freileitungen verspricht eine nennenswerte Systemoptimierung aus volkswirtschaftlicher Sicht im Vergleich zum Status Quo. Zu den Optimierungsmöglichkeiten im Bereich Netzbetrieb zur Integration der Windenergie hat das BMU eine Potenzialstudie in Auftrag gegeben, deren Ergebnisse Anfang 2007 vorliegen werden.

³ Hochspannungsebene (bis 110 kV): Verteilungsnetze, die den Strom regional transportieren und verteilen.
Höchstspannungsebene (über 110 kV): Transportnetze, die den Strom überregional transportieren.

verbänden, kontrovers diskutiert. Denn durch die Errichtung von Freileitungen werden negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die Natur, das Landschaftsbild und den Denkmalschutz befürchtet. Deshalb dauert die Genehmigung von Freileitungen oftmals bis zu zehn Jahre, mitunter auch länger. Dies ist für den dringend benötigten Netzausbau zu langsam. Die langen Planungszeiträume drohen daher mittelfristig die Energieversorgungssicherheit und den Wettbewerb zu beeinträchtigen. Deshalb sollte der Netzausbau wesentlich beschleunigt werden, indem in besonders sensiblen Gebieten, d. h. in unmittelbarer Nähe zu Wohnsiedlungen und in Vogelschutzgebieten, Erdkabel verlegt werden können. Die Genehmigungsdauer von Erdkabeln ist um mehrere Jahre kürzer als die von Freileitungen.

Wenn Erdkabel so ein wichtiges Thema sind, hat dann auch die Europäische Kommission eine Meinung hierzu?

Ja. In einem Hintergrundpapier vom Dezember 2003 empfiehlt die Kommission den Mitgliedstaaten, Studien zu erstellen, an welchen sensiblen Stellen mit dem Bau von Erdkabeln die Versorgungssicherheit verbessert werden könnte. Außerdem sollten die Engpässe zwischen den Ländern durch den Bau von Erdkabeln möglichst schnell behoben werden. Dieser entscheidende Netzausbau verzögere sich nämlich wegen naturschutzrechtlicher Widerstände gegen Freileitungen. Die Kommission führt weiter aus, dass die Mehrkosten für Erdkabel durch den verstärkten Stromhandel ausgeglichen würden.⁴

Sind Erdkabel teurer als Freileitungen?

Nicht unbedingt. Neben den reinen Investitionskosten⁵, die für die Beschaffung und Verlegung der Erdkabel anfallen, müssen auch die Betriebskosten über die gesamte Lebensdauer betrachtet werden. Diese sind im Allgemeinen bei Erdkabeln aufgrund niedrigerer Verluste und geringerem Wartungsaufwand geringer als bei Freileitungen. Unter Berücksichtigung beider Kostenarten erhält man die Gesamtkostenfaktoren, die letztlich ausschlaggebend für einen wirtschaftlichen Vergleich sein müssen. Die Gesamtkosten von Erdkabeln für die Hochspannungsebene mit 110 kV und die Höchstspannungsebene mit 220 kV liegen nicht wesentlich über denen von Freileitungen. Bei geeigneter technischer Konzeption ließen sich auch kostengünstigere Erdkabel mit Aluminiumleitern statt teuren Kupferleitern oder aber Erdkabel mit einem geringeren Leiterquerschnitt verwenden. Dadurch könnten die Gesamtkosten weiter denen von Freileitungen angeglichen werden ohne die Versorgungssicherheit zu gefährden. Trotz der derzeit immer noch deutlich höher liegenden Investitionskosten von Erdkabeln auf der Höchstspannungsebene mit 380 kV, ergibt sich hier unter Berücksichtigung der Gesamtkosten, dass Erdkabel das zwei- bis höchstens sechsfache von Freileitungen kosten würden. Die hierdurch entstehenden Mehrkosten für die Verbraucher würden durch einen verstärkten Stromhandel verringert werden. Würde man Erdkabel in der Hochspannungsebene

⁴ <http://ec.europa.eu/energy/electricity/publications/doc/undergrounding.pdf>

⁵ Investitionskosten sind alle Ausgaben, die zum Zeitpunkt der Errichtung einer Freileitung oder eines Erdkabels anfallen, z. B. durch die Anschaffung der Masten, Leiterseile oder Kabel und durch die Bauarbeiten vor Ort. Betriebskosten sind die während des Betriebs einer Freileitung oder eines Erdkabels anfallenden Kosten, z. B. durch die Freihaltung der Trassen von Bäumen oder tiefwurzelmendem Gewächs und durch die Stromverluste durch die Erwärmung der Leiterseile oder Erdkabel. Die Gesamtkosten setzen sich aus der Summe der Investitionskosten und den auf den Stichtag der Errichtung abgezinsten Betriebskosten zusammen.

mit 110 kV zur reinen Abfuhr von Windenergie und anderen erneuerbaren Energien - ohne die Versorgungssicherheit zu gefährden - nicht als Doppel- sondern als Einfach-Kabel-Systeme⁶ verlegen, könnten sie sogar heute schon geringfügig preiswerter sein als Freileitungen. Langfristig ist auch bei Verlegung von Doppel-Systemen davon auszugehen, dass sich die Gesamtkostenfaktoren weiter angleichen. Die Europäische Kommission erwartet aufgrund erhöhter Nachfrage nach Erdkabeln, dass die Kabelpreise in Zukunft drastisch fallen werden.

Würden die Stromkosten durch den Bau von Erdkabeln steigen? Wenn ja, wie stark?

Um den Netzausbau zu beschleunigen, genügt es, wenn bei den wichtigsten Neubautrassen der Höchstspannungsebene nur in den besonders sensiblen Streckenabschnitten Erdkabel verlegt würden. Bei den von der dena-Netzstudie identifizierten Trassen, deren Gesamtlänge auf 850 km berechnet wurde, werden die Streckenabschnitte in den besonders sensiblen Gebieten auf insgesamt etwa zehn Prozent geschätzt. Würden tatsächlich in diesem Umfang Erdkabel verlegt, würden die höheren Investitionskosten für einen 3-Personen-Durchschnittshaushalt nur zu einer Mehrbelastung von einem bis höchstens sechs Cent pro Monat führen. Dieser Kostensteigerung stünden Vorteile gegenüber, die sich aus der zu erwartenden Ausbaubeschleunigung von mehreren Jahren für das Gesamtprojekt erzielen ließen.

Wenn es eine Beschränkung für die Erdkabel gibt, an welchen Stellen würden diese Trassen dann verlaufen und würde die Diskussion darüber nicht die Genehmigungs- und Gerichtsverfahren weiter verlängern?

Der Netzausbau durch Erdkabel sollte sich auf besonders sensible Bereiche konzentrieren, also auf die Bereiche in unmittelbarer Nähe zu Wohnsiedlungen und in Vogelschutzgebieten. Denn Erdkabel haben im Gegensatz zu Freileitungen keine Auswirkungen auf den Vogelflug. Durch eine klare Beschränkung auf diese Gebietstypen können Behörden die Anträge für Neubauten wesentlich einfacher und schneller bearbeiten und genehmigen als bei Freileitungen. Insbesondere können die Behörden (und ggf. auch die Gerichte) wesentlich schneller über Einwände entscheiden, wenn Freileitungen nur noch außerhalb von besonders sensiblen Gebieten gebaut würden. Eine solche klare Benennung der besonders sensiblen Gebiete würde auch die bereits heute in vielen Kommunen geführten Diskussionen darüber, wo der Bau eines Erdkabels als Alternative sinnvoll ist, wesentlich erleichtern und dadurch beschleunigen. Eine Verzögerung durch eine öffentliche Diskussion über Erdkabel ist nicht zu erwarten.

Sind Vogelkollisionen an Freileitungen überhaupt ein Problem, so dass man als Alternative über Erdkabel nachdenken muss?

Ja. Zwar lassen sich keine allgemeinen Aussagen und Zahlen über das Vogelschlagrisiko angeben; dass Freileitungen für Vögel unschädlich seien, ist aber unzutreffend. Ergebnisse einzelner wissenschaftlicher Fallstudien lassen gebiets- und artabhängige Kollisionsrisiken erkennen, eine pauschale Übertragung der Ergebnisse auf andere Gebiete oder Arten ist allerdings nicht möglich. Die Aussagen müssen immer aufgrund bestimmter, vorkommender Arten und entsprechender Lebensräume differenziert betrachtet werden. Die Zulässigkeit einer

⁶ Ein Einfach-Kabel-System besteht aus nur einem Drehstrom-Erdkabel, ein Doppel-Kabel-System dagegen aus zwei parallel verlegten Drehstrom-Erdkabeln.

Freileitung hängt daher jeweils von einer konkreten Betrachtung im Einzelfall ab, insbesondere unter der Berücksichtigung der Ergebnisse einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Als Brennpunkte gelten vor allem Durchzugs- und Rastgebiete mit großen Vogelzahlen. Solche Problemgebiete sind z. B. die küstennahen Niederungen, Feuchtgebiete und Gewässer sowie ihre "Einflugschneisen". Im Allgemeinen ist das Kollisionsrisiko auch von den Witterungsbedingungen abhängig. Starker Wind oder schlechte Sicht kann Vögel zu niedrigeren Flughöhen zwingen und auch Zugstaus durch schlechtes Wetter können zu vorübergehenden Massensammlungen mit erhöhten Unfallrisiken führen. Freileitungen weisen dagegen in normalen mitteleuropäischen Kulturlandschaften ohne besondere Attraktivität für größere Vogelsammlungen weit weniger Vogelverluste auf.

Ist es technisch möglich, Erdkabel und Freileitungen problemlos miteinander zu verbinden?

Ja. Technisch ist diese so genannte „Zwischenverkabelung“ kein Problem. Das wird auch von Netzbetreibern bestätigt. Der Mehraufwand und die Mehrkosten für den Übergang zwischen Erdkabel und Freileitung sind marginal im Vergleich zum Freileitungsbau. Der Grund für den notwendigen Mehraufwand sind Überspannungen, vor denen das Kabel besonders geschützt werden muss. Diese treten z. B. bei Blitzeinschlägen in Freileitungen oder anderen Netzfehlern auf. Abhilfe schaffen hier spezielle Überspannungsableiter an den Kabelendmasten. Erdkabel mit einer Länge über 10 km sind selbstsichernd und bedürfen keines gesonderten Überspannungsschutzes. Übrigens: Spezielle Endmasten sind auch am Ende von Freileitungen zum Anschluss an das Umspannwerk notwendig.

Können Erdkabel aus technischer Sicht problemlos in das Netz integriert werden?

Durch den geringeren Widerstand eines Erdkabels fließt hierüber mehr Strom als über eine parallel verlaufende Freileitung. In den sehr seltenen Fällen, in denen das Erdkabel aufgrund eines Fehlers ausfallen sollte, könnte es dadurch zur Überlastung und Beschädigung der Freileitung kommen. Durch vertretbaren technischen Aufwand und geschickte Konzeption lässt sich dies aber verhindern. Denn auch Erdkabel müssen zur Wahrung der Versorgungssicherheit in doppelter Ausführung verlegt werden. Das unbeschädigte Erdkabel kann den Strom aufnehmen und die Versorgung kurzfristig aufrechterhalten. Würde das Kabel vorwiegend zur Übertragung von Strom aus Windenergie benutzt, bliebe genügend Zeit, die betroffenen Windenergieanlagen abzuschalten. Des Weiteren können diese Erdkabel-Doppelsysteme auch den Strom von ausgefallenen umliegenden Freileitungen über einige Tage aufnehmen.

Was passiert, wenn ein Erdkabel doch mal defekt sein sollte? Ist eine Reparatur dann nicht sehr aufwändig?

Dieses Argument wird oft im Zusammenhang mit einer angeblich geringeren Versorgungssicherheit von Erdkabeln genannt. Tatsache ist, dass Störungen bei Erdkabeln im ländlichen Raum und bei heutiger Qualität wesentlich seltener auftreten als bei Freileitungen. Denn Freileitungen sind grundsätzlich wetterbedingten Einwirkungen ausgesetzt. Im Extremfall kann es, wie im November 2005 im Münsterland geschehen, zu mehrtägigen Unterbrechungen der Stromversorgung kommen. Diese sind dagegen bei Erdkabeln nahezu ausgeschlossen. Zwar

besteht ein Vorteil von Freileitungen darin, dass die meisten Netzfehler automatisch durch die Schutzeinrichtungen behoben werden können. Mit einer Verlegung von Erdkabeln in Leerrohren kann aber die Zugänglichkeit der Fehlerstelle verbessert und, wenn doch mal ein Fehler aufträte, die Reparaturzeit erheblich verkürzt werden.

Ist die Nutzungsdauer von Freileitungen nicht viel länger als die von Erdkabeln?

Ja und Nein. In der Hochspannungsebene können nach derzeitigem Erfahrungsstand Erdkabel 30-40 Jahre lang genutzt werden. Für die Höchstspannungsebene liegen aufgrund mangelnder praktischer Erfahrungen keine belastbaren Angaben zur Nutzungsdauer von Erdkabeln vor. Bei Freileitungen wird die Nutzungsdauer mit 80 Jahren angegeben. Dies ist jedoch keine Gewähr dafür, dass Freileitungen tatsächlich solange halten, das haben die Ereignisse im Münsterland im Winter 2005 gezeigt. Außerdem wird hierbei häufig nicht bedacht, dass nach der Hälfte der Zeit, also nach 40 Jahren, ein Auswechseln der stromführenden Leiterseile erforderlich sein kann, also ebenfalls neue Kosten anfallen. Falls sich, wie im Falle der Masten des Netzbetreibers RWE aus Thomas-Stahl im Münsterland, nachträglich eine zu geringe Bruchsicherheit herausstellt, müssen sogar ganze Freileitungsmasten ausgetauscht werden.

Gibt es schon ausreichende Erfahrungen mit dem Einsatz von Erdkabeln?

Ja. Erdkabel in der Hochspannungsebene entsprechen dem Stand der Technik und können serienmäßig hergestellt werden. In Griechenland z. B. plant der staatliche Netzbetreiber zurzeit in den Regionen Evia und Peloponnes den Bau von insgesamt 46 km Erdkabel in der 150 kV-Ebene, um zukünftig verstärkt Windstrom ins Netz aufnehmen zu können. Aber auch in der Höchstspannungsebene wurden bereits mehrere Projekte realisiert. Die zwei prominentesten davon sind ein 22 km langes 400 kV Erdkabel in Kopenhagen/Dänemark und die 40 km lange 500 kV Shin Keiyo Toyosu Line in Tokio/Japan. Aber auch in Berlin wurden bereits rund 16 km 380 kV-Kabel verlegt. Die hier häufige Verlegung in Tunneln ist nur in städtischen Gebieten notwendig und verursacht zusätzliche Kosten. In ländlichen Gebieten ist die kostengünstigere Verlegung ohne Tunnel möglich.

Bisher werden Erdkabel also vorwiegend in Städten eingesetzt. Sind die elektromagnetischen Emissionen von Erdkabeln denn nicht größer als die von Freileitungen?

Nein, ganz im Gegenteil: Das elektrische Feld bleibt bei Erdkabeln auf den Raum zwischen Hin- und Rückleiter, also auf den unmittelbaren Bereich des Kabelsystems begrenzt. Bei Freileitungen treten dagegen zwischen den Leiterseilen und zwischen Leiterseilen und Erdboden elektrische Felder auf. Auch das magnetische Feld nimmt bei Erdkabeln wesentlich schneller mit der Entfernung zum Kabel ab. Sowohl Freileitungen als auch Erdkabel halten jedoch die Grenzwerte der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ein, unterhalb derer gesundheitliche Auswirkungen für die Bevölkerung nach aktuellem wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht zu erwarten sind. Nach derzeitigem technischen Kenntnisstand ist bei Erdkabeln eine kostenneutrale Weiterentwicklung zu erwarten, bei der in Zukunft elektromagnetische Emissionen weiter reduziert werden können.

Gibt es ökologische Nachteile beim Erdkabel?

Diese Frage ist noch nicht abschließend geklärt. Die Temperatur der Kabeloberfläche liegt z. B. bei einem 380 kV-Kabel, je nach Betriebsart, bei 40-55°C, fällt aber mit zunehmendem seitlichen Abstand zum Kabel schnell und direkt über dem Kabel besonders schnell ab. Beispielsweise beträgt die Erhöhung der Bodentemperatur ab einem seitlichen Abstand zu den Kabeln von 3 m weniger als 5°C. Bei Abständen von etwa 5 m und mehr kann keine thermische Beeinflussung mehr festgestellt werden. Werden die Kabel dauernd im Bereich ihrer maximalen Strombelastbarkeit betrieben, so kann eine partielle Bodenaustrocknung im unmittelbaren Nahbereich der Kabel auftreten. Man vermeidet diese, indem zur Erhöhung der Kabelbelastbarkeit besondere Rückfüllmaterialien im Kabelgraben eingesetzt werden (korngestufte Sande oder Magerbeton). Welche Umweltauswirkungen mit der Erwärmung des Erdbodens verbunden sind, müsste noch weiter erforscht werden.

Wenn Erdkabel für die Gesundheit so unschädlich sind, warum darf dann der Bereich über ihnen nicht bebaut werden?

Damit das Erdkabel jederzeit zugänglich bleibt. Außerdem muss dieser Bereich auch von tief wurzelndem Bewuchs freigehalten werden, damit das Kabel nicht beschädigt wird. Aber auch unter dem viel breiteren Bereich unter Freileitungen finden regelmäßig Kontrollen durch die Netzbetreiber statt. So muss z. B. sichergestellt werden, dass Bäume unter der Leitung nicht zu weit in den Sicherheitsbereich um die Leiterseile hineinragen. Sonst steigt die Gefahr von Kurzschlüssen. Auf diese Weise wurde z. B. auch der große „Blackout“ im Nordosten der USA im Herbst 2003 verursacht. Ferner ist auch eine Bebauung unter Freileitungen nicht erlaubt. Der wesentliche Unterschied ist, dass die Trassen für 380 kV-Freileitungen mit ca. 70 m 5-7mal so breit sein müssen wie die eines herkömmlichen Erdkabel-Systems. Damit haben Freileitungen nicht nur eine lineare Landschaft zerschneidende, sondern eine als flächenhaft zu bezeichnende umweltrelevante Wirkung.

So schön dies auch alles klingt: Man hört, dass die Netze aber selbst im besten Falle nicht durch Erdkabel ausgebaut werden können, weil es langjährige Lieferzeiten und mittlerweile sogar Lieferschwierigkeiten für Kabel gebe. Das kann doch den gesamten Netzausbau verhindern!

So dramatisch ist das nicht. Es stimmt zwar, dass derzeit die Nachfrage nach Kabeln, vor allem wegen der Netzanbindung der großen Windparks auf dem Meer und der zunehmend verstärkten Verkabelung von Netzausbaumaßnahmen im Verteilnetz, sehr groß ist. Lieferzeiten von einem oder zwei Jahren sind keine Seltenheit. Da die Genehmigungsverfahren jedoch mindestens genauso lange dauern, kommt es zu keiner zeitlichen Verzögerung. Lieferschwierigkeiten wären hingegen allenfalls dann zu erwarten, wenn alle Neubautrassen gleichzeitig in voller Länge als Erdkabel gebaut würden. Das wird jedoch nicht der Fall sein. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass in einem funktionierenden Markt kurz- bis mittelfristig die Produktionskapazitäten an die steigende Nachfrage angepasst werden. Dadurch werden dann außerdem die Kosten der Kabelherstellung gesenkt.