

## Spannung zwischen Himmel und Erde

21.10.11 – Manuel Berkel

**Für den Ausbau erneuerbarer Energien sind Tausende Kilometer neuer Stromtrassen nötig. Bürgerinitiativen fordern, die Leitungen unter der Erde zu verlegen. Doch das ist nicht trivial.**

Die Schreckgespenster von Peter Gosslar sind riesig. Mehr als 60 Meter ragen sie in die Höhe und strecken ihre Arme 30 Meter weit aus. Eine ganze neue Schar dieser Monster solle demnächst die Gegend um Bad Gandersheim verschandeln, entrüstet sich der 63-jährige Rentner und legt sich entschlossen quer. Keine gute Aussicht für den Netzbetreiber Tennet, der an dem niedersächsischen Kurort vorbei eine neue Stromtrasse bauen will, die von Wahle im Norden bis ins hessische Mecklar führt. Dafür braucht es zahlreiche neue Strommasten, und die will Peter Gosslar von der Bürgerinitiative Pro Erdkabel verhindern. "Wir kämpfen so lange, bis wir die Leitung unter der Erde haben", sagt der ehemalige Maschinenbau-Unternehmer.

In Bad Gandersheim sorgen sich die Bürger um ausbleibende Kurgäste und fallende Grundstückspreise. Damit sind sie in Deutschland nicht allein: Überall formiert sich Widerstand gegen die rund 3600 Kilometer Stromleitungen, die bis 2020 zwischen Küsten und Alpen neu gebaut werden müssen, wie die Deutsche Energie-Agentur (dena) und die Stromnetzbetreiber in ihrer Ende 2010 erschienenen Netzstudie II errechnet haben. Eine erste Analyse aus dem Jahr 2005 hatte bereits einen Bedarf von 850 Kilometern ergeben, von denen bis heute klägliche 100 Kilometer fertiggestellt wurden. Ein Grund für den schleppenden Fortschritt sind Bürgerinitiativen wie die in Bad Gandersheim, die sich gegen neue überirdischen Trassen wehren.

Dadurch entsteht ein gravierender Flaschenhals für den Ausbau erneuerbarer Energien, vor allem der Windkraft. Die meisten Windparks stehen nämlich in den nördlichen und östlichen Bundesländern. Die großen Verbraucher aus der Industrie konzentrieren sich hingegen im Westen und Süden Deutschlands. Der Strom muss also dorthin transportiert werden. Schon jetzt aber müssen regelmäßig Windkraftanlagen abgeschaltet werden, weil das Netz ihren Strom nicht mehr aufnehmen kann.

In den Ingenieurbüros der Projektentwickler löst der Protest häufig Kopfschütteln aus, verhindert er doch den dringend notwendigen und von allen Parteien gewollten Ausbau der erneuerbaren Energien. Doch weil die Einsprüche und Klagen vor Gericht den Leitungsbau langfristig zu bremsen drohen, diskutieren Experten nun Alternativen: Vor dem Bau neuer Trassen könnten die alten Leitungen besser ausgelastet werden.

Ein Faktor, der ihre Kapazität begrenzt, ist die Temperatur der Drähte. Je mehr Strom hindurchgeschickt wird, desto stärker erwärmen sie sich. Nach der derzeit geltenden Norm dürfen sie mit maximal 80 Grad betrieben werden. Doch diese Temperaturgrenze wird nicht immer ausgereizt.

Die meisten Netzbetreiber berechnen die Kapazität einer Leitung für eine angenommene Umgebungstemperatur von 35 Grad. Wind und niedrige Lufttemperaturen kühlen die Drähte jedoch auf natürlichem Wege. Mit jedem Grad weniger können sie etwa ein Prozent mehr Strom leiten. Der Netzbetreiber Tennet verwendet deshalb aktuelle Wetterdaten, um besser einschätzen zu können, wie viel Strom er tatsächlich durch seine Leitungen schicken kann. Dadurch seien Zuwächse von bis zu 50 Prozent erreichbar, gibt Tennet an. Die RWE-Tochter Amprion will es noch genauer wissen. In einem Forschungsprojekt sollen Sensoren direkt an den Leiterseilen die Temperatur messen und den Neigungswinkel, der Auskunft darüber gibt, wie stark die Leitungen durchhängen. Dafür werden alle 500 Meter kleine Messfühler auf die Drähte gesetzt, die ihre Daten direkt in die Leitzentrale funken.

Allerdings sind die Leitungen nur dann höher belastbar, wenn das Wetter mitspielt. Das ist immer nur kurzzeitig der Fall. Die dena-Netzstudie sieht im Freileitungsmonitoring deshalb nur geringes Potenzial. Von 3600 Kilometern neu zu bauenden Trassen würden gerade einmal 100 Kilometer eingespart. Andere Forscher setzen deshalb direkt am Draht selbst an. Leiterseile aus temperaturbeständigem Aluminium (TAL) vertragen Temperaturen von 150 Grad und können so 50 Prozent mehr Strom transportieren, sagt Ralf Puffer vom Institut für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen. Möglich macht dies unter anderem die Beimischung von Zirkonium. Doch bei den hohen Temperaturen dehnen sich die Drähte so stark aus, dass sie gefährlich tief durchhängen und den nötigen Sicherheitsabstand zum Boden nicht mehr wahren. Die Masten müssen also erhöht werden. Man hängt sie dazu an Schwerlastkräne und setzt zwei bis vier Meter lange Stützen an die Enden.

---

Die dena-Netzstudie II sieht in den TAL-Seilen ein erhebliches Potenzial, um neue Stromtrassen einzusparen. Das Konzept könnte den Neubaubedarf von 3600 Kilometer auf 1700 Kilometer senken. Allerdings müssten dazu Leiterseile auf einer Länge von 5700 Kilometern ersetzt werden. Genau darin sehen die Netzbetreiber aber ein Problem: "Für die Umrüstung müssten wir etwa die Hälfte des Höchstspannungsnetzes innerhalb von fünf Jahren länger abschalten", sagt Tennet-Sprecherin Cornelia Junge. Der Austausch und die damit verbundenen Stromabschaltungen kämen deshalb teurer als der Bau neuer Trassen mit konventionellen Leiterseilen. Die Kosten für den gesamten Netzausbau würden damit laut dena-Studie – trotz 1900 Kilometern eingesparter Neubautrassen – von 10 auf 16 Milliarden Euro steigen.

Zumindest die Hürde, reihenweise Masten zu erhöhen, ließe sich jedoch durch neuartige Werkstoffe für die Leiterseile umgehen. Sie bestehen nicht mehr komplett aus Metall, sondern enthalten einen Kern aus Kohlefaser (ACCC) oder einem Keramik-Aluminium-Verbund (ACCR), der die Last des Seils trägt. Weil sich diese Materialien bei Erwärmung nicht so stark ausdehnen, sind höhere Temperaturen unkritisch. So könnten die Seile sogar 100 Prozent mehr Strom aufnehmen, sagt Puffer von der RWTH. Weltweit gibt es allerdings jeweils erst einen Hersteller für ACCC- und ACCR-Seile. Die Kohlefaser-Produkte verkauft die US-Firma CTC Cable, der Konkurrent 3M hat die Keramikvariante im Programm – entsprechend begrenzt ist noch das Angebot. Im März 2011 hat ThyssenKrupp zudem einen dritten Werkstoff für Hochtemperaturleiter angekündigt, ein Molybdän-Wolfram-Kohlenstoff-Gemisch. Die Superseile sollen allerdings bis zu sechsmal so viel kosten wie herkömmliche Drähte.

Die Lieblingslösung der Bürgerinitiativen sind ohnehin Erdkabel. Doch so nebenwirkungsfrei, wie die Aktivisten sich das erhoffen, sind die in zwei Meter Tiefe vergrabenen Leitungen nicht. Für das Verlegen muss eine 40 Meter breite Schneise durch die Landschaft geschlagen werden. Nach Abschluss der Arbeiten bleibt eine Trasse von 15 bis 35 Meter sichtbar. In diesem Schutzstreifen dürfen keine Bäume wachsen, deren Wurzeln

die Kabel beschädigen könnten. Wenigstens in diesem Punkt schneiden Kabel besser ab als Freileitungen, die Trassen von bis zu 100 Metern Breite benötigen.

Masten brauchen die Erdleitungen zwar nicht, doch ohne überirdische Bauwerke kommen auch sie nicht aus. Für den Transport müssen die Kabel nämlich auf Rollen gewickelt und auf einen Lkw geladen werden, der maximal 800 Meter Kabel transportieren kann. Die einzelnen Kabelabschnitte sind darum durch Muffen verbunden, die in garagengroßen Containern untergebracht werden. Alle 30 bis 50 Kilometer stehen außerdem sogenannte Blindleistungskompensationseinrichtungen, um die Spannung auf einem konstanten Wert zu halten.

Sichtbar sind also auch die unterirdischen Kabeltrassen. Für einen weiteren Punkt, der Bürgern immer wieder Sorge macht, bieten sie ebenso keine optimale Lösung: die gesundheitliche Belastung durch elektromagnetische Felder. Weil Erdkabel besser abgeschirmt sind als Freileitungen, erzeugen sie zwar kein elektrisches Feld, erläutert Wolfgang Schufft von der TU Chemnitz. "Das magnetische Feld ist aber größer als bei Freileitungen", sagt der Professor für Energie- und Hochspannungstechnik. Die Isolierung der Leiter im Erdboden verhindert nämlich nicht, dass sich ein magnetisches Feld aufbaut – und dieses Feld ist bei Erdkabeln den Menschen erheblich näher als bei den an Masten aufgehängten Freileitungen. "Man kann das magnetische Feld von Kabeln zwar reduzieren, aber dann sinkt auch die Übertragungsleistung", erklärt Schufft. Ob und inwiefern solche Felder aber tatsächlich schädlich sind, ist noch umstritten.

Den größten Nachteil von Erdleitungen sieht der Experte in dem hohen Reparaturaufwand, falls es zu einer Störung kommt. Anders als Freileitungen sind Erdkabel zwar nicht Wind und Wetter ausgesetzt. "Hieraus ergibt sich eine geringere Fehlerhäufigkeit. Einmal verlegt, sind Kabel quasi wartungsfrei", schreibt der Verband der Elektrotechnik (VDE) in einem Positionspapier. Tritt jedoch trotzdem eine Störung auf, müsse das betroffene Kabel erst einmal wieder ausgegraben werden. Das könne Wochen dauern, so Schufft. Dagegen ließen sich selbst umgeknickte Hochspannungsmasten zur Not innerhalb von zehn Stunden reparieren. Zudem bestehen die Trassen nicht allein aus Kabeln. Als fehleranfällig gilt vor allem die komplizierte Verbindungstechnik. Muffen können bei einem Defekt regelrecht explodieren, berichtet Schufft.

---

Erfahrungswerte darüber, wie hoch die Betriebs- und Wartungskosten von Erdkabeln in der Praxis tatsächlich sind, gibt es kaum, weil sie im Höchstspannungsnetz mit bis zu 380000 Volt erst seit etwa 25 Jahren eingesetzt werden. Nur in den darunter liegenden Spannungsebenen mit bis zu 10000 Volt sind sie bereits Stand der Technik und werden gleichberechtigt mit Freileitungen verbaut. Die Betriebserfahrungen mit solchen Wechselstromkabeln für niedrigere Leistungen seien aber "nur begrenzt auf den Einsatz im Höchstspannungsnetz übertragbar", schreibt der VDE. Dirk Westermann, Professor für Elektrische Energieversorgung an der TU Ilmenau, bestätigt diese Einschätzung: "Man kann heute noch nicht sagen, ob die Höchstspannungserdkabel auch in 30 Jahren noch funktionieren."

Eines der ältesten europäischen Höchstspannungskabel ist in Berlin seit 1998 in Betrieb. Damit auf dem Vorgelegeboulevard Unter den Linden keine 60-Meter-Masten emporragen, wird die Metropole von einem elf Kilometer langen Kabeltunnel unterquert. Mit einer einfachen Erdverlegung hat das nicht viel zu tun – der Berliner Kabelkanal wird beispielsweise eigens mit einem Gebläse gekühlt. Ein weiterer Nachteil von Erdkabeln: Ihre Installation ist nach Schätzung des VDE vier- bis zehnmal so teuer wie die von Freileitungen. Die Kosten schwanken so stark, weil sie hauptsächlich von der Art des Untergrunds abhängen. In Thüringen hat unwegsames Gelände den Bau eines Erdkabels bereits verhindert. Am Anfang dieser wechselvollen Geschichte stand der Plan, eine herkömmliche Freileitung über den Rennsteig zu führen, einen

beliebten Wanderweg über die Höhen des Thüringer Waldes. Als die Bürger dagegen protestierten, sollte die Rennsteig-Querung dann doch unter der Erde verschwinden. 2009 wurde sie als eines von vier Pilotprojekten in das Energieleitungsausbaugesetz aufgenommen, mit denen die Erdverkabelung im Höchstspannungsnetz hierzulande erstmals erprobt werden sollte. Die drei weiteren Pilotkabel verlaufen durch Niedersachsen.

Doch das Vorhaben wurde abgeblasen, das Auf und Ab im Mittelgebirge machte eine Verkabelung unmöglich. Im Planungsverfahren tauchte ein weiteres Problem auf, an das Elektrotechniker in ihren Laboren wohl niemals denken würden: Das Rennsteig-Kabel scheiterte auch am Auerhahn. Der nötige baum- und buschfreie Graben wäre für den scheuen Vogel eine unüberwindbare Barriere, fürchteten Tierschützer. Die Ironie an der Geschichte: Unter Freileitungen hätten genug Büsche für den Auerhahn wachsen können.

Der Netzbetreiber "50Hertz Transmission" mit Sitz in Berlin prüft nun auf Weisung der thüringischen Behörden ein Erdkabel südlich des Thüringer Waldes an der Grenze zu Bayern. Die 3000 Einwohner der Gemeinde Schalkau könnten dann in den Genuss einer neun Kilometer langen unterirdischen Leitung kommen. Das Dorf würde allerdings bis auf Weiteres eine Sonderstellung einnehmen. Im Rahmen des Gesetzespakets zur Energiewende hat der Bundestag keine neuen Möglichkeiten für Erdkabel im Höchstspannungsnetz geschaffen. Man müsse zunächst Erfahrungen mit den Pilotprojekten sammeln, hatte der Präsident der Bundesnetzagentur, Matthias Kurth, wenige Tage vor dem Beschluss Ende Juni gesagt. Gebaut ist allerdings noch kein einziges dieser Vorhaben.

Die Parlamentarier beschlossen lediglich ein weiteres Pilotprojekt für eine in Deutschland noch nicht erprobte Technik: Erdkabel für Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ). Gleichstrom-Trassen gibt es bisher vor allem in riesigen Ländern wie China oder Indien, wo viel Strom über Hunderte oder Tausende Kilometer möglichst verlustfrei transportiert werden soll. Die HGÜ-Technik könnte also gerade für die Aufgabe geeignet sein, mehrere Gigawatt Windstrom von Nord- nach Süddeutschland zu übertragen.

Allerdings fließt Gleichstrom auch in China oder Indien vorwiegend über Freileitungen, an Land sind HGÜ-Erdkabel die Ausnahme. In Europa werden Gleichstromkabel bisher nur für die Anbindung von Offshore-Windparks vor den Küsten eingesetzt. Das längste HGÜ-Landkabel liegt in Australien, es hat eine Länge von lediglich 180 Kilometern. Um Strom aus Windparks in der Nordsee nach Bayern zu transportieren, müssten allerdings Trassen von etwa 600 Kilometer Länge gebaut werden. Das australische HGÜ-Kabel wurde zudem erst 2002 verlegt, die Erfahrungen mit solchen unterirdischen Gleichstromleitungen sind also noch gering.

Viel Zeit für die Optimierung oder den Neubau von Stromleitungen bleibt den Technikern angesichts der ehrgeizigen Pläne für die Energiewende nicht. "Wir brauchen den Netzausbau jetzt", sagt Forscher Westermann. "Wenn wir weiter warten, müssen wir das Wachstum der erneuerbaren Energien stoppen." Angesichts dieser Probleme kommt der VDE mit einem neuen, pragmatischen Vorschlag um die Ecke: "Wir plädieren dafür, die Infrastrukturen zu bündeln, um die Betroffenheit der Bürger zu mindern", sagt Jochen Kreusel, Vorsitzender der Energietechnischen Gesellschaft im VDE (siehe Interview unten). Sein Vorschlag: Stromleitungen sollen verstärkt dort gebaut werden, wo es ohnehin schon Trassen gibt – etwa entlang von Autobahnen, Eisenbahngleisen, Flüssen, Kanälen oder Pipelines. Damit könnten wohl auch Freileitungsgegner wie Peter Gosslar leben.

/Zeitschriften/Technology-Review/Einzelhefte online portokostenfrei bestellt werden.

---

**URL dieses Artikels:**

<http://www.heise.de/tr/artikel/Spannung-zwischen-Himmel-und-Erde-1361773.html>