



Hans-Peter Beck (Autor)  
Wolfgang Dietze (Autor)  
Lutz Hofmann (Autor)  
Karsten Runge (Autor)  
Hartmut Weyer (Autor)

**BMU-Studie "Ökologische Auswirkungen von 380-kV-  
Erdleitungen und HGÜ-Erdleitungen"**  
Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen

**efzn**

Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

**BMU-Studie „Ökologische Auswirkungen von  
380-kV-Erdleitungen und HGÜ-Erdleitungen“**  
(Laufzeit: 01.10.2009-31.12.2011)

**Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse**

Hans-Peter Beck, Lutz Hofmann, Karsten Runge,  
Hartmut Weyer, Wolfgang Dietze

Band 4.1

 Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/68>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



## 1. Hintergrund und Ziel der Studie

Aufgrund der wachsenden Einspeisung von Strom aus der Windenergienutzung und anderen erneuerbaren Energien sowie neuer fossiler Kraftwerke an der Küste, aber auch aufgrund des steigenden Stromhandelsvolumens, müssen die deutschen Stromnetze und insbesondere das deutsche Höchstspannungsnetz (220- und 380-kV-Ebene) an die Veränderung der Erzeugungs- und Verbrauchsstrukturen angepasst und ausgebaut werden.

Die dena I- und die dena II-Studien sehen bis 2015 bzw. bis 2020 einen erheblichen notwendigen Ausbaubedarf des deutschen Höchstspannungsnetzes, der bis 2015 850km und bis 2020 je nach Übertragungstechnologie zwischen 1500 und 3600km beträgt. Relevant für den realen Ausbau der Höchstspannungsnetze ist allerdings der Netzentwicklungsplan, den die Übertragungsnetzbetreiber bis März 2012 bei der Bundesnetzagentur einreichen müssen. Die Übertragungsnetzbetreiber planen den Netzausbau im Wesentlichen in Form von neuen 380-kV-Drehstrom-Freileitungen. Diese Planungen stoßen auf zum Teil massive Widerstände bei den betroffenen Bürgern und Kommunen sowie Umwelt- und Naturschutzverbänden, die für den Netzausbau erdverlegte Kabel in Drehstrom- oder Gleichstromtechnik fordern. Die derzeitigen Realisierungszeiträume von teilweise mehr als zehn Jahren für Freileitungsprojekte sind vor dem Hintergrund der beschleunigten Energiewende deutlich zu lang.

Vor diesem Hintergrund wurde die vorliegende Studie „Ökologische Auswirkungen von 380-kV-Erdleitungen und HGÜ-Erdleitungen“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN), Goslar, in Zusammenarbeit mit der OECOS GmbH, Hamburg, von Oktober 2009 bis Ende Dezember 2011 erarbeitet.

Mit der Studie wird das Ziel verfolgt, die verschiedenen technischen Möglichkeiten eines Ausbaus der Höchstspannungsnetze auf Basis der 380-kV-Drehstromübertragung (HDÜ) und der Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) vor allem aus Umweltsicht zu beleuchten und zu bewerten. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Möglichkeiten der Erdverkabelung im Vergleich zur Freileitungstechnik. Die Darstellung zentraler Wirkungszusammenhänge soll dazu beitragen, die Diskussion über die Umweltwirkungen des Netzausbaus in Deutschland zu versachlichen und nachvollziehbare Bewertungsgrundlagen für die zu wählenden Leitungstechnologien bereitzustellen.

Um dieser Zielsetzung gerecht zu werden, war neben den Betrachtungen zu Natur-, Umwelt- und Landschaftsverträglichkeit auch eine intensive Auseinandersetzung mit den technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Voraussetzungen sowie deren gegenseitigen Abhängigkeiten und Möglichkeiten von der Aufgabenstellung umfasst.



Die Ergebnisse der Studie sollen auf der Basis von Grundlagen und Arbeitshilfen insgesamt einen Beitrag zur Vorbereitung der anstehenden Entscheidungen zur Ausführung des Netzausbaus leisten.

Der Abschlussbericht umfasst vier Bände. Im vorliegenden ersten Band werden die wesentlichen Ergebnisse und Empfehlungen der Studie zusammengefasst. Dem Schwerpunkt der Studie entsprechend gliedern sich die weiteren Teilbände nach den Themenfeldern „Umwelt“ (Band 2), „Technik und Ökonomie“ (Band 3) sowie „Recht“ (Band 4). Die Teilberichte sind inhaltlich soweit als möglich miteinander verbunden.

Antragsteller der Studie war das Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN). Das EFZN ist eine wissenschaftliche Einrichtung der Technischen Universität Clausthal in Kooperation mit der Technischen Universität Braunschweig und den Universitäten Göttingen, Hannover und Oldenburg mit Sitz in Goslar. Ziel dieser Forschungseinrichtung ist es, durch eine dauerhafte Kooperation unterschiedlicher technischer und nicht-technischer Wissenschaftsdisziplinen der zunehmenden Komplexität energiebezogener Fragestellungen adäquat begegnen zu können ([www.efzn.de](http://www.efzn.de)).

Die Erstellung der Studie erfolgte durch ein transdisziplinäres Projektkonsortium mit Wissenschaftlern aus den Bereichen Umwelt, Technik und Recht unter Leitung und Koordination des EFZN (Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck; Ass.jur. Wolfgang Dietze).

Die technisch-wirtschaftlichen Fragestellungen wurden für das EFZN durch das Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik / Fachgebiet Elektrische Energieversorgung der Leibniz Universität Hannover (Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Hofmann), die rechtlichen Fragestellungen federführend durch das Institut für deutsches und internationales Berg- und Energierecht der Technischen Universität Clausthal (Prof. Dr. jur. Hartmut Weyer) in Kooperation mit dem Institut für Öffentliches Recht, insbesondere Verwaltungsrecht, der Universität Göttingen (Prof. Dr. jur. Thomas Mann) bearbeitet.

Die Untersuchungen zu umweltplanerischen und ökologischen Fragestellungen wurden durch die OECOS GmbH als Unterauftragnehmer des EFZN vorgenommen. Die OECOS GmbH ist ein in Hamburg ansässiges, überregional tätiges Umweltplanungsbüro, das von apl. Prof. Dr.-Ing. Karsten Runge geleitet wird. OECOS befasst sich schwerpunktmäßig mit räumlichen Entwicklungskonzepten, Umweltuntersuchungen sowie der Ausarbeitung von Umweltverträglichkeitsstudien und Sachverständigengutachten auf allen Planungsebenen.

Die Erstellung der Studie wurde von einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe aus Vertretern von Bundesumweltministerium, Bundesnetzagentur, Umweltbundesamt, Bundesamt für Naturschutz, Länderbehörden, Netzbetreibern und Herstellern unterstützt, um ein auch von Fachleuten aus der Praxis getragenes Ergebnis zu erzielen.

## **2. Methodisches Vorgehen**

Die Studie hatte zur Aufgabe, durch eine allgemeine Darstellung zentraler Wirkungszusammenhänge aus Umwelt-, technisch-wirtschaftlicher und rechtlicher Sicht dazu beizutragen, nachvollziehbare Bewertungsgrundlagen für die Auswahl geeigneter Stromübertragungstechnologien bereitzustellen. Auftragsgemäß verfolgte die Studie hingegen nicht das Ziel, detaillierte Untersuchungen zu einzelnen Vorhaben des Netzausbaus durchzuführen, um insbesondere nicht in laufende Planungsverfahren einzugreifen. Den Bearbeitern der Studie ist bewusst, dass allgemeine Aussagen zu Umweltauswirkungen, Technologien, Wirtschaftlichkeit oder rechtlichen Fragestellungen keine abschließende Beurteilung erlauben und detaillierte Empfehlungen nur zu konkreten Trassen etwa im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsüberprüfung oder einer Leitung im Netzsystemverbund getroffen werden können. Um trotzdem eine gewisse Vergleichbarkeit einzelner Technologien sicherzustellen, wurden Systemaspekte, d.h. die Fragen nach Vor- und Nachteilen einzelner Technologien für konkrete Anwendungsfälle mit definierten systemischen Rahmenbedingungen ausgeschlossen. Es ist bekannt, dass je nach technischen Rahmenbedingungen eine bei isolierter Betrachtung positive Technologie bei einer konkreten Systemeinbindung Nachteile aufweisen kann, die die ursprüngliche Aussage in Frage stellen können.

### **Methodik der Arbeitsgruppe Umwelt**

Die Umweltwirkungen von Höchstspannungserdkabeln und Höchstspannungsfreileitungen wurden im Teilbericht Umwelt (vgl. Band 2 der Studie) maßgeblich als Ergebnis einer Literatursynopse dargestellt. Mit einer möglichst dichten Zitation der Literaturquellen sollte in dieser Hinsicht ein hohes Maß an Nachvollziehbarkeit sichergestellt werden. Abgesehen von landschaftsökologischer, umweltplanerischer und umweltrechtlicher Standardliteratur wurden nationale und internationale Quellen zu Erdkabeln und Freileitungen ausgewertet. Hierzu zählten sowohl Forschungsarbeiten und Zeitschriftenveröffentlichungen als auch Umweltverträglichkeitsstudien aus abgeschlossenen und laufenden Zulassungsverfahren. Aufgrund einer bisher erst geringen Realisierung von Erdkabelleitungen auf der Höchstspannungsebene wurden auch Darstellungen aus Drehstromkabelprojekten anderer Spannungsebenen und Darstellungen aus vergleichbaren Projekten, wie z.B. Erdgasleitungen (bezüglich der Umweltwirkungen in der Bauphase) mitverwendet.



## **Methodik der Arbeitsgruppe Technik/Ökonomie**

In den Teilberichten zu den Ergebnissen der technischen und wirtschaftlichen Untersuchungen der AG Technik/Ökonomie (vgl. Band 3 der Studie) wurden zunächst verschiedene für den Ausbau der Höchstspannungsnetze zur Verfügung stehende Drehstrom- und Gleichstrom-Übertragungssysteme beschrieben und ihre wichtigsten technischen Eigenschaften vorgestellt. Darauf aufbauend wurden die Hochspannungs-Drehstrom-Übertragung (HDÜ) in den Ausführungen als Freileitung und als VPE-Erdkabel sowie die selbstgeführte Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung mit Gleichspannungszwischenkreis (VSC-HGÜ) mit VPE-Erdkabeln für verschiedene Übertragungsleistungen, Leitungslängen und Mastausführungen bzw. Kabelgrabenprofilen anhand technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Kriterien miteinander verglichen und bewertet. Des Weiteren wurden zum einen die magnetischen und elektrischen Felder für typische Anordnungen der verschiedenen Übertragungssysteme und für unterschiedliche Übertragungsleistungen und -spannungen berechnet und miteinander verglichen. Zum anderen wurden die aus thermischer Sicht maximal möglichen Übertragungsleistungen von Drehstrom- und Gleichstromkabelsystemen sowie die bei einer bestimmten maximalen Übertragungsleistung im Erdboden entstehenden Temperaturverteilungen bestimmt. Dabei wurde der Einfluss von unterschiedlichen thermischen Erdbodenwiderständen, thermischen Bettungsmaterialien und Schutzrohren analysiert.

## **Methodik der Arbeitsgruppe Recht**

Im rechtlichen Bereich (vgl. Band 4 der Studie) wurde das Zusammenspiel der einzelnen Regelungen und Verfahren für die Durchführung von Netzausbauvorhaben auf der Höchstspannungsebene wie auch deren konkrete Ausgestaltung und Anwendung überprüft. Untersucht wurden sowohl der generelle Rechtsrahmen für den Ausbau der Höchstspannungsnetze als auch die speziellen Fragen von Drehstrom- oder HGÜ-Erdleitungen.

Der geltende Rechtsrahmen wurde in vier Regelungsebenen strukturiert:

- Ermittlung des Netzausbaubedarfs
- Festlegung von Trassenkorridoren (in der Regel durch Raumordnungsverfahren, zukünftig auch Bundesfachplanung)
- Zulassung der Leitungsbauvorhaben, insbesondere des konkreten Leitungsverlaufs (in der Regel durch Planfeststellungsverfahren)
- Kostenanerkennung in der Anreizregulierung (in der Regel durch Genehmigung von Investitionsbudgets).



Arbeitsgrundlagen der Arbeitsgruppe Recht waren zunächst Literatur und Rechtsprechung zu den einschlägigen Rechtsvorschriften. Daneben wurden Gespräche mit Vertretern von Übertragungsnetzbetreibern, Planungsbehörden, Genehmigungsbehörden sowie der Bundesnetzagentur zu den Erfahrungen bei abgeschlossenen oder laufenden Netzausbauvorhaben geführt. Berücksichtigt wurden außerdem sonstige verfügbare Informationen zur Verwaltungspraxis wie etwa Positionspapiere. Einbezogen wurden auch Erfahrungen mit dem Netzausbau in der Schweiz und Österreich.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Untersuchung des Landesrechts im Regelfall auf die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Baden-Württemberg beschränkt. Thüringen wurde infolge des den Naturpark Thüringer Wald querenden EnLAG-Pilotvorhabens, das auf eine Erprobung der Teilverkabelung unter den besonderen geographischen Bedingungen einer Mittelgebirgslandschaft abzielt, teilweise zusätzlich in den Blick genommen.

### **3. Kurzfassung der Ergebnisse**

#### **Bericht der Arbeitsgruppe Umwelt**

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Darstellungen im Teilbericht Umwelt einmal für Erdkabel (Kap. 2), ein anderes Mal für Freileitungen (Kap. 3) nach dem Schutzgüterkatalog des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes (UVPG § 2) gegliedert. Auftragsgemäß münden dabei die im Textteil des Teilberichts ausführlich dargelegten Umweltsachverhalte in eine tabellarische Orientierungshilfe ein, die in einem vorgelagerten Planungsstadium eine Entscheidung zwischen Erdkabel einerseits und Freileitung andererseits erleichtern soll (vgl. Anhang I).

Zusammenfassend können folgenden Ergebnisse festgehalten werden:

Menschliche Gesundheit: Hinsichtlich menschlicher Gesundheit stehen die magnetischen Felder von Erdkabeln und die elektrischen und magnetischen Felder von Freileitungen im Mittelpunkt der umweltorientierten Betrachtung. Nach der 26. BImSchV 1996 (§ 3 Anhang) liegt der Immissionsgrenzwert der magnetischen Flussdichte in Deutschland bei 100  $\mu\text{T}$  (50 Hz) und gilt für alle Orte, an denen Menschen sich dauerhaft aufhalten können. Epidemiologische Untersuchungen weisen zwar darauf hin, dass Wirkungen unterhalb dieses Grenzwertes möglich sind, Ursache-Wirkungsbeziehungen gelten jedoch aktuell als nicht nachweisbar, so dass die Strahlenschutzkommission keine Verschärfung der 26. BImSchV empfiehlt. Vor dem Hintergrund bestehender Wissensunsicherheiten werden die Grenzwerte sowohl in einigen Bundesländern als auch vereinzelt im Ausland mit hohen Vorsorgemargen versehen. In der Schweiz gilt z.B. ebenfalls 100  $\mu\text{T}$  als Grenzwert. Darüber hinaus wird