



ERDVERKABELUNGEN

ZUKUNFT im HÖCHSTSPANNUNGS- STROMTRANSPORT

Informationen und Hintergründe von A bis Z
(einfach und verständlich dargelegt)

Arbeitsbehelf für Bürgerinitiativen und Umweltaktivisten



ERDVERKABELUNGEN

STICHWORTVERZEICHNIS - *mit einem Mausklick zum Thema springen.....*

Zur Auffrischung unseres Schulwissens: „Was ist elektrischer Strom ?“

Gleichstrom und Wechselstrom
Messwerte Strom

Stromtransport

Spannungsebenen
Funktion der einzelnen Netze

Freileitungen
Erdkabel

Verlegung
Vorteile
Nachteile

Gasolierte Rohrleiter

Einsatzbeispiele
Das Isoliergas N₂SF₆

Kosten / Nutzen der verschiedenen Systeme
Lebensdauer
So setzt sich der Strompreis zusammen
Stromveredelung
Übertragungsverluste

Ohmsche Verluste
Koronaentladung

Elektromagnetische Felder als Gesundheitsrisiko

Grenzwerte für Niederfrequenzanlagen
Schweizer Grenzwerte

Niedersachsen: „Freileitungen sind Steinzeittechnik“

Studie: Leukämie-Risiko bei Kindern steigt in der Nähe von Hochspannungsleitungen
Bodenverbrauch
Synergien bei Erdkabelnutzungen
Volkswirtschaftliche Gesamtbetrachtung
Statements zu Erdverkabelung
Gute LINKS zum Thema:
Quellennachweis:

Zur Auffrischung unseres Schulwissens: „*Was ist elektrischer Strom ?*“

Elektrischer Strom ist die Bezeichnung für eine gerichtete [Bewegung](#) von [Ladungsträgern](#), zum Beispiel von [Elektronen](#) oder [Ionen](#), in einem Festkörper, einer Flüssigkeit, einem Gas oder im [Vakuum](#). Ruhende Ladungsträger können durch unterschiedliche Kräfte in Bewegung gesetzt werden.



Gleichstrom und Wechselstrom

Als [Gleichstrom](#) (engl. *Direct Current*, abgekürzt *DC*) wird jener elektrische Strom bezeichnet, der über die Zeit seine [Richtung](#) und Stärke nicht ändert, also zeitlich konstant ist.

Bei [Wechselstrom](#) (engl. *Alternating Current*, abgekürzt *AC*) kommt es zu einer laufenden, meist periodischen Änderung der [Stromrichtung](#). Dabei gibt die [Frequenz](#) an, wie oft sich die Stromrichtung pro Sekunde ändert. Der technische Vorteil von Wechselstrom ist seine leichte Umwandelbarkeit zwischen verschiedenen Spannungen mit Hilfe eines [Transformators](#). Daher findet Wechselstrom vor allem in öffentlichen [Stromversorgungsnetzen](#) Anwendung.

Elektrischer Strom ist eines der Verfahren des Energietransports. So wird heute die gesamte [Beleuchtung](#), die meisten [Haushaltsgeräte](#) und die gesamte [Elektronik](#) und [Rechnertechnik](#) mit elektrischer Energie betrieben. [Autos](#) mit elektrischem Antrieb werden als umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen benzinbetriebenen Gefährten propagiert.

Elektrische Energie wird zumeist zentral in [Kraftwerken](#) aus anderen Energiequellen umgewandelt (z. B. [Erneuerbare Energien](#)) und über das [Stromnetz](#) an die [Haushalte](#) verteilt bzw. als [Bahnstrom](#) genutzt. Aus [ökologischen](#) Gründen wird aber auch zunehmend dezentrale elektrische Energiewandlung, z. B. mittels [Photovoltaikanlagen](#) auf privaten [Dächern](#), gefördert. Eine [Speicherung](#) der elektrischen Energie im großen Maßstab ist derzeit nur durch Wandlung in eine andere Energieform möglich, z. B. mittels [Akkumulatoren](#) oder in noch größerem Maßstab z. B. bei [Pumpspeicherkraftwerken](#). Für eher kleinere Energiemengen werden [Kondensatoren](#) und [Spulen](#) verwendet.

Der umgangssprachliche Ausdruck „Strom verbrauchen“ ist technisch gesehen nicht richtig, da der Strom, der in ein Gerät hineinfließt, auch wieder herausfließt (Energie-Erhaltungssatz). In der Tat ist es beim üblichen Haushaltsstrom sogar so, dass die Elektronen nur im Leiter ein kleines Stück hin- und her „wackeln“, ohne dass tatsächlich eine nennenswerte Anzahl von Elektronen aus der Leitung ins Gerät fließt. Was tatsächlich „fließt“, ist elektrische Energie. Diese wird ebenfalls nicht verbraucht, wie sich das umgangssprachlich eingebürgert hat, sondern wird umgewandelt, z. B. in mechanische Energie (Motor), Wärme (Haartrockner) und chemische Energie (z. B. beim Aufladen von Handy-Akkus). Die dabei verrichtete Arbeit (das Produkt aus Spannung, Stromstärke und Zeit) wird durch einen sog. [Stromzähler](#) ermittelt. Deswegen wird der „Stromverbrauch“ auch in der Energieeinheit [Kilowattstunde](#), und nicht in der Stromeinheit [Ampere](#) gezählt.

Messwerte Strom

Die Wattstunde leitet sich aus der [SI-Einheit Joule](#) ab:

- 1 Wh = 3.600 Ws (Wattsekunde) = 3.600 Joule = 3,6 Kilojoule (kJ).

Die Einheit Wattstunde wird meistens mit dem dezimalen [SI-Vorsatz Kilo](#) verwendet (z. B. bei der Stromabrechnung).

- 1 Kilowattstunde (kWh) = 1000 Wattstunden = 10^3 Wh

Bei der Angabe der Stromproduktion von [Elektrizitätswerken](#) oder des Stromverbrauches ganzer Länder wird der SI-Vorsatz *Mega*, *Giga* und *Tera* verwendet um zu handlichen Zahlenwerten zu gelangen:

- 1 Megawattstunde (MWh) = 1.000 kWh = 1 Million Wattstunden = 10^6 Wh
- 1 Gigawattstunde (GWh) = 1 Million kWh = 1 Milliarde Wattstunden = 10^9 Wh
- 1 Terawattstunde (TWh) = 1 Milliarde kWh = 1 Billion Wattstunden = 10^{12} Wh

Stromtransport

Da elektrischer Strom also üblicherweise nicht dort „gebraucht“ wird, wo er produziert wird, muss Strom transportiert werden. Für Stromleitungen stehen dabei unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung, ober- wie unterirdische.



Spannungsebenen

Stromnetze teilt man nach der Spannung ein, bei der sie Strom übertragen:

- **Höchstspannung:** In der Regel 220 kV oder 400 kV. In [Kanada](#) und in den [USA](#) werden 735 kV und 765 kV verwendet. Eine [1150-kV-Leitung](#) führt vom [Kraftwerk Ekibastus](#) ([Kasachstan](#)) zur Stadt [Elektrostal](#) (Russland). Sie wird heute jedoch mit 400 kV betrieben. Mit der Höhe der Spannung steigen auch die Verluste durch [Koronaentladung](#).
- **Hochspannung:** 50 kV bis 150 kV
- **Mittelspannung:** 6 kV bis 30 kV. Für Netze mit hohem Freileitungsanteil, ausgedehnten ländlichen Regionen und bei neuen Installationen sind 20 kV bis 25 kV üblich. In städtischen Regionen, wo teilweise noch ältere Erdkabel in Papier-Blei-Ausführung mit Aluminium als Strom-Leiter dienen, deren Austausch teuer ist, wird eine niedrigere Mittelspannung mit 10 kV eingesetzt

- **Niederspannung:** 230 V oder 400 V. In der Industrie sind auch andere Niederspannungen üblich, zum Beispiel 500 V oder 690 V in [IT-Netzen](#).

Die Höchst-, Hoch- und Niederspannungen sind für Westeuropa weitgehend standardisiert. Bei der Mittelspannung ist das zu aufwändig, da man sehr viele alte [Erdkabel](#) uneinheitlicher Spannung austauschen müsste.

Funktion der einzelnen Netze

- Das Höchstspannungsnetz ist ein [Übertragungsnetz](#). Es verteilt die von [Gas-](#) und [Kohlekraftwerken](#), aber auch [Wasserkraftwerken](#) eingespeiste Energie landesweit an [Transformatoren](#), die nahe an den Verbrauchsschwerpunkten liegen. Diese Kraftwerke übernehmen die [Grundlastversorgung](#). Auch ist es über sog. Kuppelleitungen an das internationale Verbundnetz angeschlossen.
- Das Hochspannungsnetz sorgt für die Grobverteilung von elektrischer Energie. Leitungen führen hier in verschiedene Regionen, Ballungszentren oder große [Industriebetriebe](#). Abgedeckt wird ein Leistungsbedarf von 10 bis 100 MW.
- Das Mittelspannungsnetz verteilt den Strom an die Transformatorstationen des Niederspannungsnetzes oder Einrichtungen wie zum Beispiel [Behörden](#),

[Schulen](#) oder [Fabriken](#). [Stadtwerke](#), die ebenfalls Kraftwerke oft auch mit [Kraft-Wärme-Kopplung](#) betreiben, speisen ihren Strom in dieses Netz.

- Die Niederspannungsnetze sind für die Feinverteilung zuständig. Die Mittelspannung wird auf 400 V bzw. 230 V transformiert und damit werden [Haushalte](#), [Industrie](#), [Gewerbe](#) und [Verwaltungen](#) versorgt.



Die elektrische Energie kann in diesen Größenordnungen nur drahtgebunden über [Hochspannungsleitungen](#) übertragen werden. Für diese Aufgabe stehen [Freileitungen](#) und [Erdkabel](#) zur Verfügung. Hierbei haben beide Systeme Vor- und Nachteile.

Freileitungen



Für den Einsatz von Freileitungen sprechen die geringeren Kosten sowie leichtere Lokalisierbarkeit und Behebbarkeit von Fehlern (Ausnahme: begehbare Kabelschächte). Dem gegenüber sind die Leitungen größeren Umwelteinflüssen ausgesetzt, wirken sich störend auf das Landschaftsbild aus und können eine Gefahrenquelle für Menschen, Tiere und Maschinen darstellen (Beispiel: Klettern auf Strommasten). Bei Freileitungen werden verschiedene Typen von [Masten](#) eingesetzt, z. B. [Tragmasten](#), [Winkeltragmasten](#), [Abspannmasten](#), [Weitabspannmasten](#) und [Endmasten](#).

Das deutsche Stromnetz ist ca. 1,6 Mio. km lang, davon im Jahre 2003 ca. 71 % unterirdisch verlegt. Im Vergleich zu dem Wert für 1993 von nur ca. 64 % zeigt sich die Tendenz, die unterirdische Stromverteilung auszubauen.

Erdkabel



Ein **Erdkabel** ist ein im Erdboden verlegtes [Strom-](#) oder [Nachrichtenkabel](#) mit einer besonders robusten [Isolierung](#) nach Außen (Kabelmantel), die eine Zerstörung derselben durch chemische Einflüsse im Erdreich bzw. im Boden lebender Kleintiere (Nagetiere) verhindert.

Erdkabel haben einen geringeren Platzbedarf, sind vor Umwelteinflüssen besser geschützt und bei der Bevölkerung besser akzeptiert. Sie zeichnen sich aber auch durch höhere Kosten und hohen Wartungsaufwand bei Defekten aus und es gibt technische Probleme, wenn unterirdische Hochspannungsleitungen gewisse Kabellängen überschreiten, beispielsweise bei der Wärmeabfuhr, die bei Freileitungen durch die umgebende Luft gewährleistet ist, bei Erdkabeln hingegen nicht. Diese Probleme entfallen aber bei Einsatz von GIL (Gasisolierte Leitungen).

Zum mechanischen Schutz werden Erdkabel im Erdboden zusätzlich in einer [Sandschicht](#) verlegt, damit scharfkantige Steine bei Belastung des Bodens (z. B. durch Vibration von nahen Schienen- oder Straßenverkehr) keine Beschädigung des [Kabels](#) verursachen können. Erdkabel für [Spannungen](#) unter 100 kV können in mehrpoliger Ausführung hergestellt werden, für höhere Spannungen werden einpolige Ausführungen (Einleiterkabel) verwendet.

Für Spannungen bis 200 kV werden heute überwiegend Kunststoffkabel verwendet, für Spannungen darüber auch noch Kabel mit einer Isolation aus ölprägniertem Papier.

[Leitungen](#) mit Spannungen unter 100 kV werden heute in [Deutschland](#) in neu angelegten Wohn- oder Industriegebieten grundsätzlich als Erdkabel ausgeführt. Auch in vielen Wohngebieten sind die Stromleitungen zur Versorgung der Häuser als Erdkabel ausgeführt.

Erdkabel für Spannungen <1 kV werden in der Regel in einer Tiefe von 60 cm (im Straßenbereich 80 cm) verlegt. Als Stech- und Grabschutz kommen neben [Trassenwarnband](#) auch Kunststoffplatten zum Einsatz.

Verlegung

Erdkabel werden zum Schutz vor Beschädigung sowie durch Frost in sicherer Tiefe verlegt. Das Verlegen geschieht im offenen Gelände rationell durch einen [Kabelpflug](#),

bei Fels und im bebauten Gebiet hingegen in einer vorher geöffneten [Künette](#).
Moderen Verlegeverfahren sind auch gesteuerte [Horizontalbohrungen](#).



Vorteile

Erdkabel besitzen gegenüber [Freileitungen](#) einige Vorteile. Sie sind gegen Beschädigungen, unter anderem durch Witterungsunbilden wie [Sturm](#), [Hagel](#) und [Blitze](#) hervorragend geschützt. Außerdem ist ihre [elektromagnetische Verträglichkeit](#) besser. Erdkabel stören das Landschaftsbild i.d.R. weniger als Freileitungen.

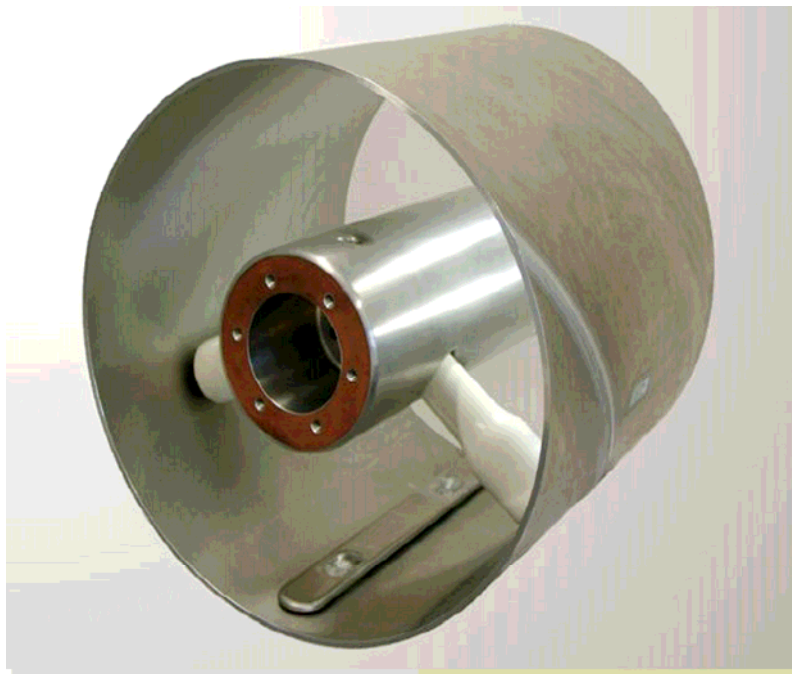
Nachteile

Ein Nachteil aus elektrotechnischer Sicht sind die deutlich höheren Verluste, die im Kabel durch die [Kondensator](#)wirkung und bei der Kompensation dieser in den [Kompensationsspulen](#) auftreten. Aber auch damit ist die maximale Kabellänge auf etwa 70 km begrenzt.

Durch den Einsatz von [supraleitenden](#) Kabeln könnte man die Übertragungsverluste reduzieren, muss jedoch mit Mehrkosten durch die aufwändige Kühlung rechnen. Erste Versuche ergaben keine überzeugenden Resultate.

Gasisolierte Rohrleiter

Gasisolierte Rohrleiter (GIL) sind [Hochspannungsleiter](#), bei denen der spannungsführende Teil durch Stützisolatoren und ein isolierendes Gas, in der Regel [Schwefelhexafluorid](#), von dem umgebenden, geerdeten Leitungsmantel isoliert angebracht ist. Dieser Leiter erlaubt das Unterbringen von Hochspannungsleitungen auf engstem Raum, wie beispielsweise [Schaltanlagen](#) in Innenräumen.



GIL-Prinzip:

**Koaxiale Aluminiumrohrleiter,
Innenleiter auf Hochspannung, Mantelrohr geerdet,
Isoliergas SF₆ bzw. N₂-SF₆-Gasgemisch**

Bis Mitte der 1990er Jahre:

- GIL kommt zumeist in Sonderprojekten zum Einsatz
- GIL der ersten Generation für ausgedehnte Anwendung zu teuer

Mitte der 1990er Jahre:

- EDF stellt Frage in den Raum, ob Technologie für großflächigen Ersatz von Freileitungen einsetzbar ist
- Arbeitsgruppe entwickelt GIL der zweiten Generation mit Kostenreduzierungen von mehr als 50%

Charakteristika der GIL der zweiten Generation:

- Verwendung eines automatisierten Schweißverfahrens
- Verbessertes Isolator-konzept
- Modularer Aufbau
- Montagekonzept ähnlich wie Öl- und Gaspipelines
- Elastische Biegung der Rohre möglich
- Anwendung von N_2 - SF_6 -Gasgemisch

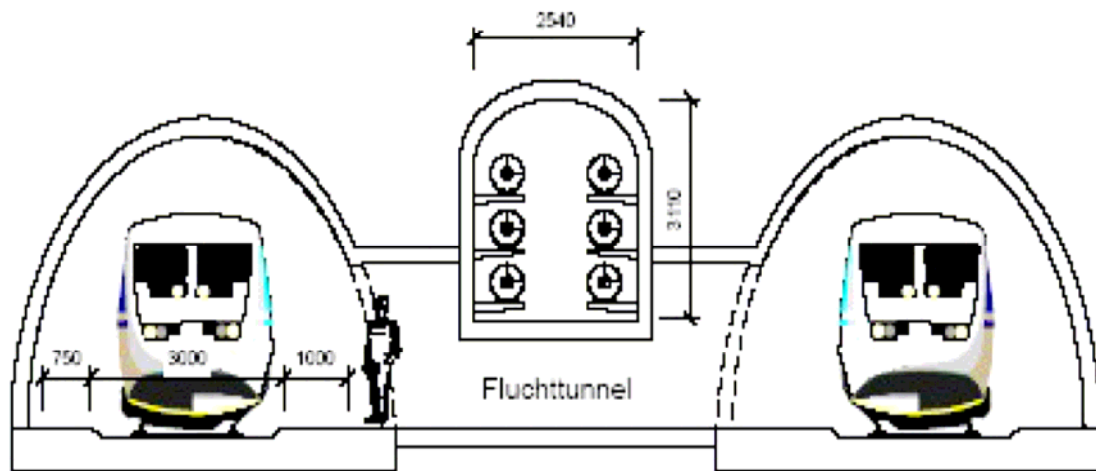


Technische Vorteile:

- Hohe Übertragungsleistung
- Niedrige Verluste
- Hohe Überlastbarkeit
- Geringer Kapazitätsbelag
- KU bzw. AWE möglich
- Minimale externe Magnetfelder
- Keine technische Alterung (Cigre)
- Hohe Zuverlässigkeit
- Hohe Betriebssicherheit
(kein Durchbrennen, keine Brandlast)

Einsatzbeispiele

**Einsatz in Verkehrsinfrastrukturtunneln,
z. B. Versorgungsstollen des Brenner-Basistunnels**



Darüber hinaus wurde auf der aktuellen Kabelfachtagung *Jicable '07*, die im Juni 2007 in Versailles in Frankreich stattfand, ausführlich über aktuelle Entwicklungen von Höchstspannungskabelsystemen berichtet.

Tabelle 3-3: Realisierte 400-kV-Kabelprojekte: Querschnitte > 1.200 mm², Systemlänge > 5 km

Jahr	Ort	Land	Querschnitt	Systemlänge	Hersteller
1997	Berlin	Deutschland	1.600 mm ²	1 x 6,8 km	Prysmian
1997	Kopenhagen	Dänemark	1.600 mm ²	1 x 22 km	
1998	Berlin	Deutschland	1.600 mm ²	1 x 6,3 km	Südkabel
1999	Kopenhagen	Dänemark	1.600 mm ²	1 x 12 km	
1999	Berlin	Deutschland	1.600 mm ²	1 x 5,5 km	Nexans
2000	Tokyo	Japan	2.500 mm ²	1 x 39,8 km	
2000	Berlin	Deutschland	1.600 mm ²	1 x 5,7 km	Südkabel
2003	Madrid	Spanien	2.500 mm ²	1 x 13,4 km	Prysmian
2004	Madrid	Spanien	2.500 mm ²	1 x 13,4 km	Südkabel
2004	Abu Dhabi	Ver. Arab. Emirate	2.500 mm ²	1 x 12,8 km	Nexans
2005	London	UK	2.500 mm ²	1 x 20,6 km	Südkabel
2005	London	UK	2.500 mm ²	1 x 5,4 km	Südkabel
2005	Abu Dhabi	Ver. Arab. Emirate	2.500 mm ²	1 x 8,5 km	Prysmian
2005	Turbigo-Rho	Italien	2.000 mm ²	2 x 8,4 km	Prysmian
2006	Istanbul	Türkei	2.000 mm ²	1 x 13 km	Prysmian
2006	West Ham - Hackney	UK	2.500 mm ²	2 x 6,3 km	Prysmian
2006	West Loop - Crawford	USA	1.600 mm ²	2 x 7,0 km	Prysmian
2007	Ph.VII – GTC/124	Qatar	2.500 mm ²	1 x 15 km	Prysmian

Das Isoliergas N2SF6

(80 % Stickstoff, 20 % Schwefelhexafluorid)

N2SF6 ist ungiftig und unbrennbar.

Die Rohre werden alle 120m abgeschottet, so dass selbst bei einem allerschlimmsten Unfall nie eine grössere Menge auslaufen kann.

Zum Isoliergas N2SF6 behaupten viele EVU´s (Energieversorgungsunternehmen), es handle sich hier um ein sehr wirksames Treibhausgas. Seine Wirkung in der Atmosphäre sei 24'000 mal höher als diejenige von CO2 und die Abbaudauer betrage rund 32'000 Jahre.

Das ist absoluter Unsinn.

N2SF6 ist schwerer als Luft und kann gar nicht von selbst in die obere Atmosphäre gelangen. N2SF6 ist trotz seines angeblich 24'000 mal höheren Treibhausgaspotentials nur mit 0.06% am globalen Treibhauseffekt beteiligt. Im Gegensatz zu CO2, welches mit 60% zu Buche schlägt. (Werksangabe Siemens)

Im Übrigen ist der Einsatz desselben Isoliergases N2SF6 in allen grösseren Umspannanlagen für genau diesselben EVU´s plötzlich überhaupt kein Problem mehr !

Kosten / Nutzen der verschiedenen Systeme



Bei Erdverlegung (ohne Tunnelbau o.ä.) rechnet man mit Kosten, die ungefähr beim 3 bis 5 fachen der Kosten einer Freileitung der gleichen Spannungsebene liegen. (380 kV Freileitung: ca. 800000 € je km, 380 kV Kabel ca. 2,4 - 4 Mio. €) Diese hohen Kosten resultieren aus dem teuren Kabel und der teureren Verarbeitung, z. B. [Kabelmuffe](#), [Endverschlüsse](#) u. ä. Während Freileitungen durch optische Kontrolle überprüft werden können, ist diese Möglichkeit bei Erdverlegung nicht möglich. Beschädigungen können oft nicht rechtzeitig erkannt werden. Schäden am Erdkabel, [Kabelmuffen](#) oder [Kabelendverschluss](#) haben oft auch eine Schädigung der Umgebung zu Folge: Teile eines Kabelendverschlusses können auseinander fliegen, explodierende Muffen können bombentrichterartige Schäden an der Landschaft hervorrufen. Kommt es zu einem Schaden oder Fehler, so ist auch die Behebung des Schadens langwieriger und teurer. Aus diesem Grund müssen regelmäßige, aufwändige Überprüfungen beispielsweise der [Teilentladung](#) durchgeführt werden.

Diese Probleme lassen sich naturgemäss vermeiden, wenn man etwa GIL-Kabel in begehbaren Schächten verlegt.

Kosten verschiedener Drehstromübertragungssysteme:

Am Beispiel der geplanten 380-kV-Leitung Ganderkesee – St. Hülfe mit einer Trassenlänge von ca. 60 km

(Szenario 2: Planmäßiger Leitungszubau und planmäßiger Leistungszuwachs)

	Freileitung	Kabel	GIL
Investitionskosten (Barwerte)	1	4,0	9,8
Gesamtkosten (Barwerte der Investitions- und Betriebskosten incl. Verluste;	1	2,2	4,7

Betrachtungszeitraum 40 a;
5%)

- Kosten unterirdischer Leitungsalternativen im Vergleich zum Neubau einer Drehstromfreileitung
 - ◆ Drehstromkabel: Faktor 8
 - ◆ Gasisolierte Drehstromleitung: Faktor 12
 - ◆ Gleichstromübertragung: Faktor 20 bis 30

Ganz anders sehen solche Kostengegenüberstellungen aus, wenn Studien im Auftrag der E-Wirtschaft erstellt und veröffentlicht werden.... (aus: „Haubrich“-Studie RWTH Aachen im Auftrag der Illwerke / VKW).

Zu der Wirtschaftlichkeit von GIL Leitungen behaupten EVU`s, die Erstellungskosten seien rund 12mal teurer als diejenige einer Freileitung. Auch diese Angaben sind grundfalsch. Laut der Prof. Dr. Ing. R. Oswald, welcher die Erstellung von 40km GIL von Genderkesee bis St.Hülfe begutachtete, beträgt der Mehrpreis noch das 4.5-Fache wenn man über 40 Jahre die Transportverluste (an elektrischer Energie) und die Unterhaltskosten in die Rechnung miteinbezieht. GIL Leitungen gelten als wesentlich betriebssicherer als Freileitungen. Störungen können dank standardmässig eingebauter Sonden, augenblicklich auf 60m genau bereits in den Kommandoräumen der EVU's geortet werden.

Lebensdauer

Bei **Freileitungen** wird klassisch von einer Lebensdauer von rund **40 Jahren** ausgegangen; durch Austausch von Komponenten (Seilen, Isolatoren) und Neuanstrich der Masten lässt sich die Lebensdauer auf bis zu 80 Jahre erstrecken, bis neue Masten nötig werden.

VPE-Erdkabel halten rund **30 – 40 Jahre**, ehe sie ersetzt werden müssen.

GIL-Systeme der 2. Generation halten aktuell **mehr als 50 Jahre**; durch laufende Weiterentwicklung und Qualitätsverbesserungen wird dieser Wert weiter ansteigen.

So setzt sich der Strompreis zusammen



Das gesamte Entgelt, das Sie für die Versorgung von Elektrizität zu entrichten haben, wird in drei Bereiche aufgeteilt:

- den Energiepreis (dies ist jenes Entgelt, das der Lieferant erhält)
- den Netzpreis (dies ist jenes Entgelt, das der Netzbetreiber erhält)
- Steuern und Abgaben.

Im Detail schaut das folgendermaßen aus (bei 3.500kWh/Jahr):

Energiepreis

Der Energiepreis (und nur er) unterliegt dem Wettbewerb. Neue Energieanbieter können versuchen, den Preis des jeweiligen Gebietsversorgers zu unterbieten.

Warum gelingt das nicht überall? Bei einem sehr hohen Netzpreis kann der Netzbetreiber seinen Energiepreis niedrig halten - unter jenem Preis, den er von seinen Konkurrenten für die Durchleitung verlangt.

Der Energiepreis beträgt ungefähr ein Drittel des Gesamtpreises. (Ca. 5 Cent pro Kw/h ... am Beispiel EVN im Oktober 2006 mit einem Gesamtpreis von 15,11 Cent pro Kw/h)

Netzpreis

Der Netzpreis ist in jedem Versorgungsgebiet unterschiedlich hoch; er wird von der Aufsichtsbehörde E-Control (Verordnung der E-Control Kommission) unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten festgelegt.

Der Netzpreis macht das 2. Drittel des Gesamtpreises aus. Also weitere ca. 5 Cent beim Beispiel der EVN.

Steuern und Abgaben

Das 3. Drittel des Gesamtpreises verschlingen Steuern und Abgaben. Die restlichen ca. 5 Cent im obigen Beispiel.

Stromveredelung

Bei der sogenannten **Stromveredelung** wird billiger [Grundlaststrom](#) durch Zwischenspeicherung in teuren [Regelstrom](#) umgewandelt.

Dies kann zum Beispiel durch das Hinaufpumpen von Wasser in höhergelegene [Speicherseen](#) von [Pumpspeicherkraftwerken](#) oder durch die Verwendung von [Druckluftspeicherkraftwerken](#) erfolgen.

Dieses Wasser wird bei Stromverbrauchsspitzen wieder durch die Turbinen abgelassen, treibt diese an und der [Generator](#) produziert [Spitzenstrom](#), der teuer verkauft werden kann.

Trotz des sich ergebenden relativ niedrigen [Gesamtwirkungsgrads](#) ist diese Methode für die Kraftwerksbetreiber wegen der großen Preisdifferenz zwischen Grundlaststrom und Spitzenstrom wirtschaftlich sinnvoll.

Grundlast bezeichnet die Netzbelastung, die während eines Tages in einem [Stromnetz](#) nicht unterschritten wird.

Spitzenlast bezeichnet kurzzeitig auftretende hohe Leistungsnachfrage im [Stromnetz](#)

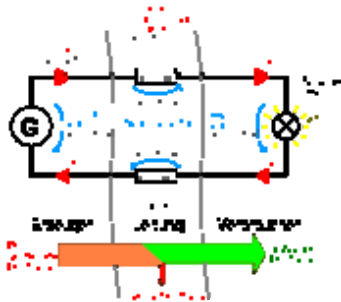
Der Preis für den Regelstrom, der zur Stabilisierung des Netzes und zum Schutz vor Blackouts gebraucht wird, wird durch die Strombörse bestimmt.

Stromexporte erfolgen vor allem von Westösterreich nach Deutschland. Dort wird [Spitzenstrom](#) im Verhältnis 1:4 (1 kW Spitzenstrom für 4 kW [Grundstrom](#)) mit Bayern und Baden-Württemberg ausgetauscht. Durch diesen Stromaustausch gelangt auch Atomstrom nach Österreich. Die Exportmengen nach Deutschland bleiben seit einigen Jahrzehnten mit starken Schwankungen in etwa auf dem gleichen Niveau. Doch besonders seit 1990 steigt auch der Stromexport in die Schweiz stark an und macht nun statt weniger als 10 % mit rund einem Drittel bereits genauso viel wie nach Deutschland aus.

Übertragungsverluste

Bei der Energieübertragung in Hochspannungsleitungen treten Verluste durch den ohmschen Leitungswiderstand, durch Koronaentladungen und durch Abstrahlung bzw. die [Wellenimpedanz](#) des Leiters auf.

Ohmsche Verluste



Beispiel für Leistungsverluste auf einer Leitung

Gegeben: [Leitungswiderstand](#) R

Übertragene [Wirkleistung](#) P und [Scheinleistung](#) S

$$I = \frac{S}{U} = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$
$$P_{\text{verlust}} = I^2 \cdot R = \left(\frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot R$$

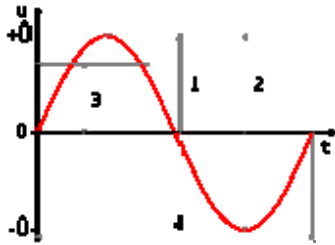
d. h. die [Verlustleistung](#) nimmt bei gleicher [Wirkleistung](#) quadratisch mit der Spannung ab. Allerdings wird der Aufwand für die [Isolation](#) mit zunehmender Spannung größer. Die Übertragungsverluste betragen etwa 6 % je 100 km bei einer 110-kV-Leitung und lassen sich mit 800 kV Höchstspannungsleitungen auf etwa 0,5 % je 100 km reduzieren.

Vereinfachte Beispielrechnung

Ein Kraftwerk erzeugt 1200 MW elektrische Leistung, die elektrischen Leitungen können maximal 4000 A leiten und besitzen bis zur nächsten Stadt einen Gesamtwiderstand von 4 Ω . Aus der maximalen Strombelastung folgt, dass die Übertragungsspannung mindestens 300 kV betragen muss, gewählt wird 380 kV. Daraus errechnet sich der tatsächliche Strom zu 3160 A. Gemäß der Formel $P=R \cdot I^2$ treten entlang der Fernleitung Verluste von 40 MW auf, das entspricht einem Übertragungsverlust von 3,3 %, der die Kabel erwärmt. In der Stadt kommen nur 1160 MW an.

Könnte man die Hochspannung verdoppeln, würde der halbierte Strom zu geringeren Verlusten von nur 10 MW führen. Diese Verdopplung ist wegen überproportional ansteigender Verluste durch [Koronaentladung](#) nicht möglich.

Koronaentladung



Eine sinusförmige Wechselspannung.

- 1 = [Scheitelspannung](#),
- 2 = [Spitze-Spitze-Wert](#),
- 3 = [Effektivspannung](#),
- 4 = [Periodendauer](#)

Hochspannungsleitungen werden üblicherweise mit *Effektivspannungen* bis 400 kV betrieben, das entspricht bei der verwendeten Sinusform einem Scheitelwert von 566 kV. Immer dann, wenn dieser Scheitelwert erreicht wird, ist die [elektrische Feldstärke](#) rund um die Leitung so groß, dass die [Durchschlagsfestigkeit](#) der Luft fast erreicht ist. Dann wird die Luft in unmittelbarer Umgebung des Kabels [ionisiert](#), also schwach leitfähig und es geht Leistung verloren. Da dieser Effekt an [Spitzen](#) besonders ausgeprägt ist, wird die Feldstärke an diesen Stellen durch [Koronaringe](#) reduziert. Je größer der Krümmungsradius, desto geringer ist die Feldstärke und die dadurch erzeugte [Koronaentladung](#). Das Innere des Koronaringes ist weitgehend frei von elektrischen Feldern, deshalb kann dort keine Korona auftreten (siehe auch [Faradayscher Käfig#Veranschaulichung](#)).

Ein weiteres Mittel zur Reduktion der Spitzenentladung ist die scheinbare Vergrößerung des Krümmungsradius der Leitung durch Parallelschaltung von vier oder sechs Einzelkabeln zu einer Gruppe. Durch den vergrößerten Radius werden Feldstärke und Sprühercheinungen verringert.

Eine weitere mögliche Maßnahme, die Feldstärke an der Oberfläche der Leitung zu reduzieren, wäre ein durchgehender Überzug mit einer Isolation. Im gleichen Maß, wie die [Permittivität](#) ϵ_r steigt, verringern sich Feldstärke und Sprühercheinungen. Die UV-Strahlung der Sonne würde aber jeden Überzug von Freileitungen sehr schnell zerstören.

Elektromagnetische Felder als Gesundheitsrisiko

Um spannungsführende Leiter bildet sich ein elektrisches Feld, um stromführende Leiter zusätzlich ein magnetisches Feld aus.

Da metallische Kapselungen – und ähnlich wirkt auch das elektrisch gut leitende Erdreich – elektrische Felder abschirmen, gibt es bei unterirdisch verlegten Kabeln und GIL kein elektrisches Aussenfeld; bei GIL auch kein magnetisches, da der Rückstrom im aussenrohr das Feld des leiterstroms nahezu voll kompensiert.

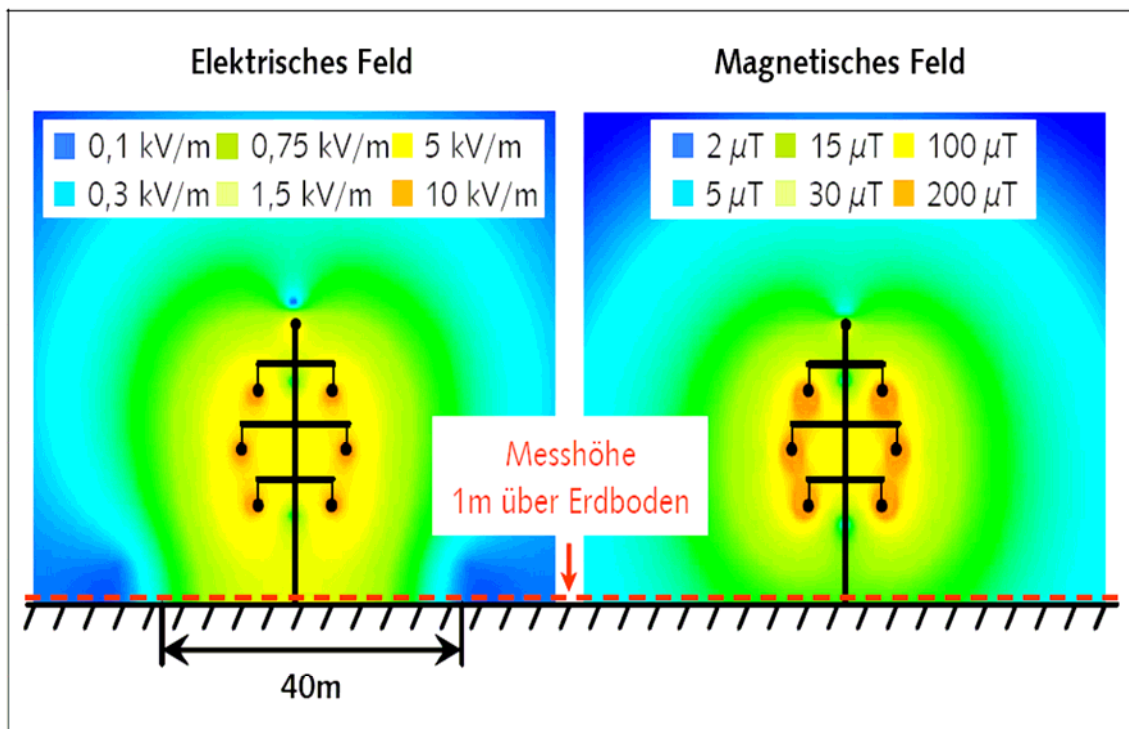


Bild 4.1: Elektrisches und magnetisches Feld im Nahbereich der 220-kV-Drehstromfreileitung

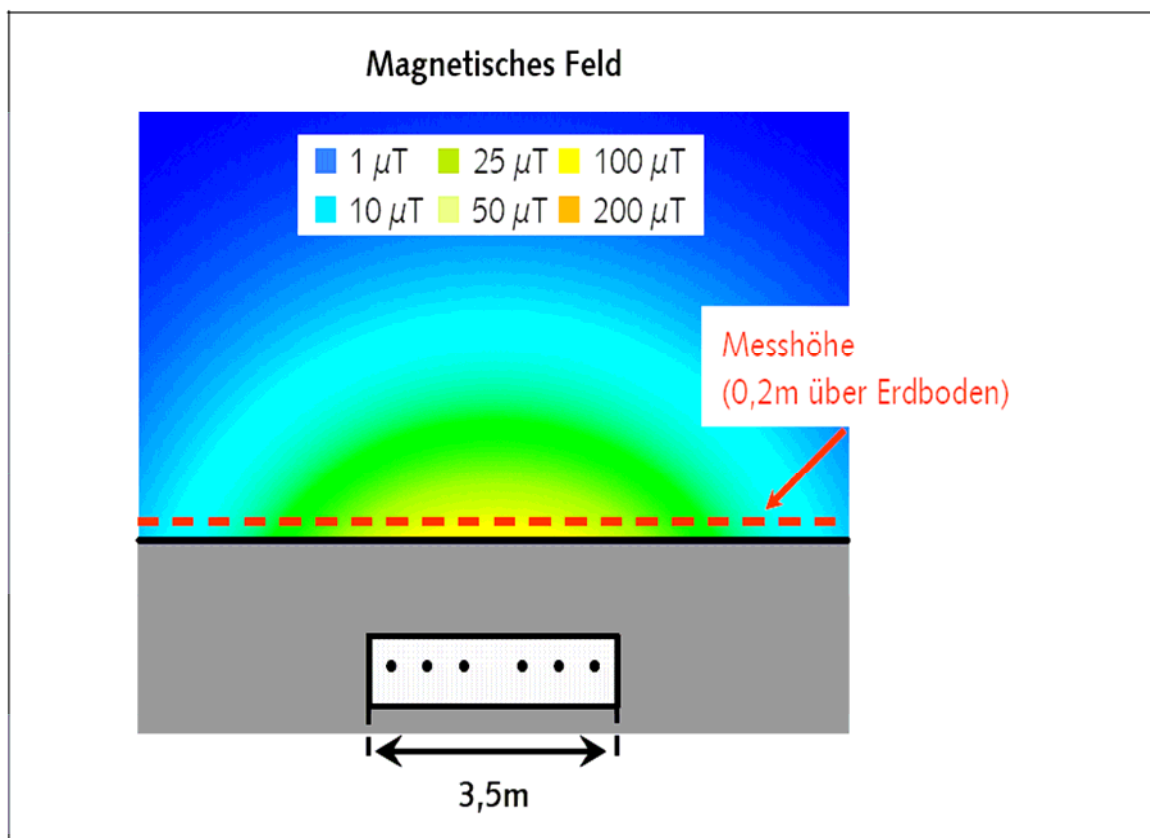


Bild 4.2: Magnetisches Feld einer Drehstromkabeltrasse mit zwei Stromkreisen

Grenzwerte für Niederfrequenzanlagen

Effektivwerte der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte:

Frequenz (f)	Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte
<u>Hertz</u> (Hz)	Kilovolt pro Meter (kV/m)	Mikrotesla (μT)

50-Hz-Felder	5	100
16 2/3-Hz-Felder	10	300

In Mikrottesla wird die Stärke eines elektromagnetischen Feldes gemessen, in einer durchschnittlichen Wohnung gilt ein Wert von 0,1 als normal. In Büros werden unter anderem aufgrund von Computerabstrahlungen ungefähr 0,2 Mikrottesla gemessen. Höhere Werte gelten in Schweden bereits als gesundheitsgefährdend.

Schweizer Grenzwerte

In der Schweiz existiert die *Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)* (vgl. dazu [ionisierende Strahlung](#)), welche die Immissionen vorsorglich begrenzt. Demnach gelten allgemein die von der [WHO](#) empfohlenen Grenzwerte. Für „Orte mit empfindlicher Nutzung“, wie zum Beispiel Schlaf-, Wohn-, Schul-, und Krankenzimmer, werden zusätzlich „Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen“ festgelegt. Sie betragen – vereinfacht gesagt – 10 % (Hochfrequenz) bzw. 1 % (Niederfrequenz, Magnetfeld) der allgemeinen Grenzwerte.

Niedersachsen: „Freileitungen sind Steinzeittechnik“

Rund 35.000 Unterschriften haben Bürgerinitiativen (BI) in Niedersachsen gegen geplante 380-KV-Überlandleitungen gesammelt, und sie kämpfen engagiert weiter für eine komplette Erdverkabelung.

Die niedersächsische Landesregierung reagierte auf die Proteste mit dem im Dezember vergangenen Jahres verabschiedeten Niedersächsischen Erdkabelgesetz sowie der Novellierung des Landesraumordnungsprogramms (LROP). Danach müssten neue Freileitungen mit mehr als 110 kV zu Siedlungen und einzelnen Häusern mindestens 400 beziehungsweise 200 m Abstand halten und dürfen Landschaftsschutzgebiete nicht durchqueren.

Hochspannungsmasten verdoppeln das Risiko, an Demenz zu sterben

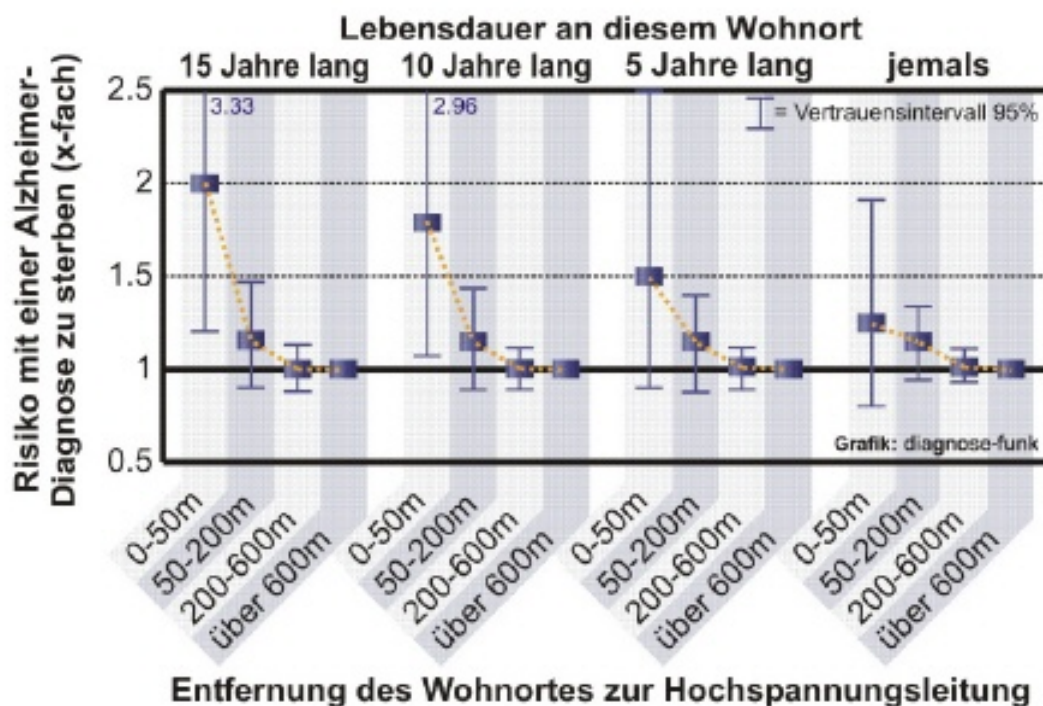
Quellen: Huss et al. 2008 (s.u.), UK News vom 11.11.2008, Universität Bern vom 06.11.2008 und Medizinauskunft.de vom 13.11.2008. Evi Gaigg, 13.11.2008, Diagnose-Funk

Die Diskussion, ob elektromagnetische Felder das Risiko für eine neurodegenerative Krankheit wie Alzheimer erhöhen, wurde nun durch eine aktuelle Studie der Berner Universität neu entfacht. Die Studie wurde unter der Führung von Professor Matthias Egger am Institut für Sozial- und Präventivmedizin mit Geldern des Schweizerischen Nationalfonds durchgeführt.

Hierfür wurden hierfür die Daten von **4.7 Millionen Einwohnern** der Schweiz ausgewertet. In dieser Population wurden die Todesfälle der Jahre **2000 bis 2005** untersucht. Man untersuchte die Todesursachen von Einwohnern, die 5, 10 und 15 Jahre lang näher als 50 Meter neben einer 220 bis 380 Kilovolt-Hochspannungsleitung lebten, und verglich diese mit den Todesursachen von Personen, die über 600 Meter weit entfernt von einer Hochspannungsleitung

wohnten. Neben anderen neurodegenerativen Erkrankungen wurden **9200 Todesfälle durch Alzheimer** in die Studie eingeschlossen. Davon traten **20 Fälle bei Personen auf, die weniger als 50 Meter von einer Hochspannungsleitung entfernt lebten.**

Es fällt auf, dass das Risiko mit der Wohndauer anstieg. Die Wissenschaftler fanden bei der Auswertung eine **Dosis-Reaktions-Beziehung** zwischen der Alzheimer-Krankheit und der **Lebensdauer in der Nähe einer Hochspannungsleitung**: Personen, die 5 Jahre lang weniger als 50m entfernt von einer Hochspannungsleitung wohnten, hatten ein 1.5fach höheres Risiko an der Alzheimer-Krankheit zu sterben, als Personen, die über 600m weit entfernt wohnten. Lebten sie 10 Jahre lang näher als 50m an den Leitungen, stieg das Risiko auf das 1.78Fache. Nach 15 Jahren war das Risiko doppelt so hoch. Ebenso fand man eine **Dosis-Reaktions-Beziehung** zwischen der Alzheimer-Krankheit und der **Nähe zur Leitung**.



Risiko an der Alzheimer-Krankheit zu sterben gegenüber einem Abstand von über 600 Metern zur Hochspannungsleitung.

Keine Zusammenhänge scheinen zwischen den 50 Hz-Magnetfeldern und multipler Sklerose, Parkinson und amyotropher Lateralsklerose zu bestehen.

Das Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern erhärtete bereits in einer **früheren Studie**, dass Personen, die im **Beruf starken magnetischen Feldern ausgesetzt** sind, ein erhöhtes Risiko tragen, an Alzheimer zu erkranken (Rösli et al. 2007, s.u.). Mit dieser neuen Studie handelt es sich um die **weltweit erste Studie**, die sich im **Wohnumfeld** mit dem Zusammenhang von elektromagnetischen Feldern und neurodegenerativen Erkrankungen **beschäftigt**. Das Dokument wurde im American Journal of Epidemiologie veröffentlicht (Link siehe unten).

Der Zusammenhang zwischen Kinderleukämie und Hochspannungsleitungen wird mittlerweile in der Fachwelt akzeptiert, es gibt jedoch immer häufiger auch Hinweise auf andere Erkrankungen. Der Zusammenhang zu neurodegenerativen Erkrankungen wird mit dieser Studie erneut erhärtet.

Das britische Nachrichtenmagazin UK NEWS publizierte bereits ein erstes Interview mit einem der weltweit führenden Experten für gesundheitliche Auswirkungen von Hochspannungsleitungen, Prof. Denis Henshaw von der Universität Bristol (http://www.phy.bris.ac.uk/people/henshaw_dl/index.html). Henshaw schätzt, dass 150'000 Briten innerhalb der kritischen Zone von 50m von Hochspannungsanlagen leben.

Er sagte gegenüber der UK NEWS explizit, **es sei nun an der Zeit, Hochspannungsmasten in dichtbesiedelten Gebieten abzurechen und die Kabel in den Boden zu verlegen.**

Studie: Leukämie-Risiko bei Kindern steigt in der Nähe von Hochspannungsleitungen

Kinder, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen aufwachsen, erkranken häufiger an Leukämie als Kinder, deren Zuhause weit von Starkstromleitungen entfernt liegt. Zu diesem Ergebnis kommen Wissenschaftler der **Universität Oxford[1]** in der Studie "Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study". Die Wissenschaftler hatten dazu die Wohnorte von 29.000 krebskranken Kindern auf der Insel untersucht und festgestellt, dass überdurchschnittlich viele an Leukämie erkrankte Kinder in der Nähe von Überlandleitungen leben.

Kinder, die zum Zeitpunkt ihrer Geburt weniger als 200 Meter von einer Hochspannungsleitung entfernt wohnen, haben demnach ein 70 Prozent höheres Risiko an Leukämie zu erkranken als Kinder, deren Zuhause mehr als 600 Meter davon entfernt liegt. Leben Kinder in einer räumlichen Entfernung von 200 bis 600 Metern zu den Überlandleitungen, ist das Risiko einer Leukämie-Erkrankung gegenüber der weiter entfernt wohnenden Vergleichsgruppe laut Studie um 20 Prozent größer.

Die Autoren, die ihre epidemiologischen Erkenntnisse jetzt in der Fachzeitschrift **British Medical Journal[2]** veröffentlicht haben, weisen allerdings darauf hin, dass es für die statistischen Daten derzeit keine medizinische Begründung gibt. Möglicherweise hätten auch soziale Aspekte bei der Wohnraumsuche zu diesen Trends geführt, weshalb nun weitere Untersuchungen nötig seien. Aufgeschreckte Eltern fordern unterdessen den Staat auf, Schulen und Kindergärten künftig nur noch mit gebührendem Abstand zu Hochspannungsmasten und Überlandleitungen zu bauen.

Bodenverbrauch

Obwohl Grund und Boden z. Bsp. in Vorarlberg ein „beschränkt verfügbares und damit wertvolles“ Gut sind, gehen Studien (wie Illwerke/VKW „Haubrich“) auf den unterschiedlichen Bodenverbrauch beider Varianten nicht ein.

Während die bestehende Freileitung mit 40 m Breite auf 30 km rund 1,2 Mio. m² Boden einer freien Nutzung entzieht, benötigt eine Tunneltrasse maximal 5 m Breite.

Ergibt einen positiven Bodensaldo von gut 1 Mio. m² für das Montafon; Nimmt man mal einen Durchschnittspreis von € 50,- / m² (landwirtschaftl. Flächen billiger, Wohnbauland teurer), macht das schon mal eine **positive Differenz zugunsten von GIL von € 50 Mio. !**

Eine Erdkabel-VPE-Variante benötigt rund 6,5 m Breite, auch viel weniger als Freileitungen. Hier die bei der Kabelverlegung erforderlichen Bauzonen, die später wieder uneingeschränkt nutzbar sind, mit einzurechnen, ist in hohem Masse unseriös.

Synergien bei Erdkabelnutzungen

Treffen in einer Region (wie zum Beispiel im Vorarlberger Montafon) Probleme mit Freileitungen und Verkehrsprobleme aufeinander, bietet sich als logische Synergie die Nutzung einer gemeinsamen Trasse für ein GIL-System unter der Erde und etwa ein Personentransportsystem wie den Coaster (siehe Bild) über der Erde an.



Zwei "Fliegen" elegant mit einer Klappe erledigt...

Volkswirtschaftliche Gesamtbetrachtung

Für unsere Idee einer GIL-Verlegung (380 kV) durch das Montafon samt Nutzung der Trasse als Coaster-Strecke haben wir eine volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung erarbeitet.

Auch wenn man für beide Systeme zusammen mit knapp unter 400 Mio. € bzw. knapp 10,7 Mio. € p.a. an Investitionen rechnen muss, lassen sich damit Wertschöpfungseffekte in gut doppelter Höhe (19,3 Mio. €) lukrieren.

Dies gelingt durch Miteinrechnung der Effekte aus Transporteinnahmen bzw. Einsparungen im Busverkehr, Tourismusmehrereinnahmen, Verkauf der freiwerdenden Flächen der Freileitungen, erheblich geringeren Übertragungsverlusten sowie Mehrerlösen aus neuen Kraftwerksprojekten, die mit höheren Transportkapazitäten erst möglich werden.

Position	Betrag gesamt Mio. €	Wirkung Jahre	Wirkung pro Jahr Mio. €
Investitionen:			
GIL 380 KV *) 2-systemig inkl. Grabung / Verlegung	252	50	5,04
Coaster 2-spurig 3.000 FG / Stunde	142	25	5,68
Erträge:			
Einnahmen Coaster	156,25	25	6,25 (2,5 Mio. Fahrten à € 2,50)
Einsparungen öffentl. Busverkehr / Schibusse	25	25	1,0
Bodenverbrauch	60	50	1,2
Transportverlust Strom	80	50	1,6
Instandhaltung	6	50	0,12
Mehrerlöse Abtransport Strom neue Kraftwerke	200	40	5,0 (Transportanteile 20 % der Mehrerlöse)
Mehreinnahmen Tourismus (plus 5 % Nächtigungen / Tagesgäste)	150	25	6,0 (Wertschöpfung 30 % der Mehreinnahmen)
Klimaschutzförderungen (20 % der Investitionen)	80	50	1,6

Abgabeneffekte Investitionen / Mehrumsätze	80	50	1,6
Summen:			
Investitionen	394		10,72
Erträge	837,25		19,37
Saldo	+ 443,25		+ 8,65

Statements zu Erdverkabelung

Europäische Kommission

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



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

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 geringeren Wartungsaufwands 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



Die im November 2005 vor allem im Münsterland witterungsbedingt eingetretenen tagelangen Stromausfälle aufgrund zahlreicher umgeknickter Hochspannungsmasten und durchhängender Leitungsseile haben die Anfälligkeit von Freileitungen unter Beweis gestellt. Durch unterirdische Verlegung der Leitungen hätten die dort aufgetretenen massiven Probleme vermieden werden können. Die vom sog. Elektrosmog ausgehenden Gesundheitsgefahren sind bisher nicht vollständig geklärt. Die Vorsorgepflicht des Staates gebietet es jedoch, diesem Problem eine höhere Aufmerksamkeit zu schenken und die im Jahre 1996 in der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung definierten Grenzwerte

elektromagnetischer Strahlung deutlich zu reduzieren.

Christian Wulff, Ministerpräsident von Niedersachsen:

Richtiger scheint mir zu sein, das zu tun, was andere europäische Länder wie **Italien, Großbritannien und Dänemark** längst getan haben, nämlich in sensiblen Bereichen zum Teil Erdverkabelungslösungen zu realisieren. Deshalb hat Bundeswirtschaftsminister **Glos** die Aufnahme von Pilotvorhaben vorgesehen.

Dr. Hermann Koch, leitender Ingenieur Siemens AG:

der GIL-Ingenieur Koch gerade in einem einstündigen anspruchsvollen Referat dargestellt, dass gasisolierte Leitungen zwar beim Bau recht teuer, dafür aber im Betrieb günstig sind, weil sie unterwegs viel weniger Strom verlieren als Freileitungen. Auf einem Kilometer Leitungsstrecke ließen sich unter Umständen 1,1 Millionen Euro einsparen. Allerdings räumte Koch ein, dass dieser Wert davon abhängt, mit welcher Stromstärke der Netzbetreiber die Leitung belege.

Im Zugungsverfah
der Leitung
Karten auf
müssen. „F

*1,1 Millionen
Euro können auf
einem Kilometer
gespart werden*

niedersächs
schaftsmini
burg und
Raumordn
dem Lanc
programm.
werden wir

Aus Prospekt Siemens „Power Transmission and Distribution / GIL“

Die GIL besteht aus wenigen modularen Bausteinen. Unter Ausnutzung der Rohrelastizität kann der Verlauf den Landschaftsgegebenheiten angepaßt werden. Damit ist jede beliebige Trassenführung möglich. Eine Trassenführung durch dicht bebaute Gebiete oder Flussquerungen stellt kein Problem dar. Bei der Montage werden Verlegetechniken des Pipelinebaues angewendet, dadurch wird die Bauzeit auf ein Minimum reduziert.









Dipl.- Ing. Wolfgang Priggen, Baubiologe:





Allgemein kann man sagen, dass ein Haus mehr als 150 m von einer Hochspannungsleitung entfernt sein soll. Wenn dies nicht der Fall ist, lassen Sie die Finger von einem Neubau! Die Grenzwerte des Standards der Baubiologie liegen für das magnetische Wechselfeld bei 20 nT (Nanotesla) für ungestörtes Schlafen und Daueraufenthalt.

Gute LINKS zum Thema:

-  www.energieplattformaustria.com (Bürgerinitiativen gegen Freileitungen)
-  www.ewh.ieee.org/r8/germany/ias-pels/m_goldisthal/presentations/2005_goldisthal_kindersberger_vortrag_gil.pdf (GIL-Vortrag)
-  www.salzburg.gv.at/380kv (KEMA-Studie Verkabelung Salzburg-Leitung)
-  www.gigahertz.ch/1160/ (Eidgen. Starkstrominspektorat in der Kritik)
-  search.salzburg.com/articles/3248996 (Deutsche planen Kabel)

Quellennachweis:

-  TU München, Lehrstuhl für Hochspannungs- und Anlagentechnik, Prof. Kindersberger (Fotos, Facts)
-  Forwind, Universität Oldenburg und Hannover, Prof. Dr. Oswald (Facts)
-  Wikipedia, deutsche Enzyklopädie, verschiedene Kapitel (Fotos, Facts)
-  Siemens Erlangen, Powertransmission & Distribution (Facts)
-  Google (Fotos)
-  Diagnose Funk CH (Fotos, Facts)
-  W. Retter, Lienz (Foto)
-  Österr. Verbundgesellschaft (Fotos, Facts)

-  KEMA-Studie 380-kV-Projekt Salzburg (Fotos, Facts)
-  Coaster-neu Aktiengesellschaft Vaduz (Fotos, Facts)
-  RWHT Aachen, Institut für elektr. Anlagen und
Energiewirtschaft, Prof. Dr. Haubrich (Fotos, Infos)
-  PCC E.Demelius Unternehmensberatung Dornbirn (Facts)