

RP-Energie-Lexikon

fachlich fundiert, unabhängig von Lobby-Interessen

www.energie-lexikon.info

START	RATGEBER	IRRÜMER	ENERGIE-BLOG
GLOSSAR	KATEGORIEN	SUCHE	ZUFALL
QUIZ	PROJEKT	AUTOR	DATENSCHUTZ
BERATUNG	SPONSOREN	WERBUNG	KONTAKT

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

Stichwort eingeben

Hochspannungs-Gleichstromübertragung

Akronym: HGÜ, HVDC

Definition: die Übertragung hoher elektrischer Leistungen mit Hilfe von Gleichstrom bei hoher elektrischer Spannung

Englisch: high-voltage direct current transmission (HVDC)

Kategorien: [elektrische Energie](#), [Grundbegriffe](#)

Autor: [Dr. Rüdiger Paschotta \(G+\)](#)

[Wie man zitiert; zusätzliche Literatur vorschlagen](#)

Ursprüngliche Erstellung: 26.09.2011; letzte Änderung: 18.11.2018

Die Übertragung hoher **elektrischer Leistungen** (z. B. aus einem großen **Kraftwerk**) mit Kabeln erfordert die Verwendung sehr hoher **elektrischer Spannungen** (außer wenn die Übertragungsstrecke sehr kurz ist). Sonst würde die hohe **Leistung** nämlich eine sehr hohe **Stromstärke** verlangen, und diese würde ein enorm dickes Kabel nötig machen, um die Verluste durch den elektrischen Widerstand des Kabels (die *ohmschen Verluste*) gering zu halten.

Eine **Hochspannungsleitung** kann nun auf zwei verschiedene Weisen betrieben werden:

- mit **Wechselstrom** (oder **Drehstrom**, meist Dreiphasenwechselstrom), bei dem die Spannung und Stromstärke periodisch oszillieren,
- mit **Gleichstrom**, wobei die Spannung ständig etwa gleich bleibt oder auch pulsiert (also in der Stärke schwankt), aber ohne dass die Richtung von Spannung und Strom wechselt.

Im letzteren Fall spricht man von **Hochspannungs-Gleichstromübertragung**.

Gleichrichter und Umrichter

In der Regel wird die zu übertragende elektrische Energie zunächst als Wechsel- bzw. Drehstrom gewonnen – meist im **Generator** eines großen **Kraftwerks**, der praktisch nie direkt Gleichstrom liefert. Deshalb muss zunächst mit Hilfe eines **Gleichrichters Gleichstrom** hergestellt werden, um die Hochspannungs-Gleichstromleitung speisen zu können.

Am Ende der Leitung muss die Energie häufig wieder in ein Wechselspannungsnetz eingespeist werden. Hierfür ist ein **Umrichter** (eine Art von **Stromrichter**) nötig. Dieser ist technisch aufwendiger als ein Gleichrichter. Jedoch ist dies für moderne Leistungselektronik heute kein Problem mehr; selbst Leistungen im Gigawatt-Bereich können zu vertretbaren Kosten und mit recht geringen **Energieverlusten** (deutlich unter 2 % für Gleichrichter und Umrichter zusammen) umgeformt werden. Die höchsten Leistungen werden bislang mit Thyristoren erreicht; mehr Flexibilität z. B. für eigengeführte Umrichter mit **Schwarzstartfähigkeit** erhält man aber mit Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode (IGBT), die aber in der Leistung etwas begrenzter sind.

Die Gleichrichter und Umrichter befinden sich in sogenannten *Stromrichterstationen* oder *Konverterstationen* am Anfang und Ende der HGÜ-Leitung. Diese Stationen enthalten auch Einrichtungen zur Steuerung und zur Beherrschung von Störfällen.

Symmetrische und unsymmetrische Übertragung

Es ist üblich, HGÜ mit symmetrischen Systemen durchzuführen. Hier werden zwei Leiter verwendet, von denen jeder die halbe Nennspannung gegen Erde führt, aber mit gegensätzlichen Vorzeichen. Wenn beide Kabel getrennt in der Erde liegen, muss jedes nur für die halbe Nennspannung isoliert werden.

Es wurden aber bei Seekabeln (z. B. beim *Baltic Cable*) auch unsymmetrische (monopolare) Systeme mit nur einem Leiter installiert, der die volle Spannung gegen Erde hatte. Der Rückleiter wurde ersetzt durch das Seewasser, angeschlossen über zwei großflächige Elektroden. An diesen Elektroden finden dann **Elektrolyse**prozesse statt, die zur Bildung von giftigem Chlorgas an der Anode und von ätzendem Natriumhydroxid an der Kathode führen. Die Umweltbelastung dürfte aber moderat sein, da das Chlorgas und das Natriumhydroxid bei großflächigen Elektroden stark verdünnt anfallen. Bei späterem Ausbau zu einem symmetrischen bipolaren Kabel (durch Zufügen eines Rückleiters) lässt sich die übertragene Leistung verdoppeln und gleichzeitig die genannte Elektrolyse vermeiden.

Vor- und Nachteile der Hochspannungs-Gleichstromübertragung

Die Vorteile der HGÜ sind vielfältig:

- Als Resultat der oben genannten Aspekte kann eine HGÜ-Leitung bei gleichem Materialaufwand für die Leiter ein Mehrfaches an Leistung bei gleichen Energieverlusten übertragen, oder deutlich mehr Leistung bei gleichzeitig reduzierten Verlusten. Typisch sind Energieverluste in der Größenordnung von 3 % pro 1000 km Leitungslänge. Es entfallen Energieverluste durch den Skin-Effekt, ebenfalls die Wirbelstromverluste. Verluste durch Koronaentladungen sind bei gleicher Spannung geringer als bei Wechselspannung, bzw. es ist eine höhere Spannung bei gleichen Koronaverlusten möglich, somit eine geringere Stromstärke und deshalb geringere ohmsche Verluste und/oder ein geringerer Leiterquerschnitt.

- Es werden weniger Leiter benötigt als bei der Drehstromübertragung. Deswegen ist der Flächenbedarf für die Übertragungsstrecke erheblich reduziert. Die HGÜ-Leitungen sind deswegen in der Landschaft auch weniger störend.
- Es entfällt die ganze Problematik der **Blindströme** mitsamt der sonst dagegen nötigen Maßnahmen. Die Blindstrom-Problematik ist besonders ernst bei Seekabeln und Erdkabeln, so dass dort dieser Vorteil der HGÜ besonders wichtig ist. Geeignete Stromrichter können darüber hinaus sehr flexibel Blindleistung für das versorgte **Stromnetz** bereitstellen.
- Wo Leitungen elektrisch isoliert werden müssen, ist dies etwas weniger aufwendig.
- Wenn zwei Wechselspannungsnetze mit Hilfe von HGÜ aneinander gekoppelt werden, ist keine Synchronisation der beiden Netze notwendig; die beiden Netze müssen nicht einmal die gleiche **Netzfrequenz** aufweisen.
- Es kann eine direkte und flexible Leistungsflussregelung realisiert werden – nicht nur indirekt wie bei Wechselstromsystemen über die Beeinflussung von Blindströmen.

Andererseits weist die HGÜ folgende Nachteile auf:

- Es entsteht ein gewisser technischer Zusatzaufwand für die Umrichter, der bei kürzeren Strecken stärker zu Buche schlägt. Auch die Energieverluste der Umrichter (etwas höher als sonst in **Transformatoren**) fallen bei kurzen Strecken mehr ins Gewicht.
- Das Spannungsniveau kann bei Gleichstrom nicht einfach mit **Transformatoren** herauf- oder herabgesetzt werden; Gleichstrom-Umrichter sind aufwendiger. Für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen spielt das keine Rolle, aber für Anzapfungen auf der Strecke.
- Die Umrichter weisen meist geringere Überlastkapazitäten auf als Transformatoren; HGÜ-Systeme können deswegen auch

kurzzeitig weniger stark über ihre Nennleistung hinaus betrieben werden.

- Schalter für hohe Leistungen sind bei Gleichstrom schwerer zu realisieren, da keine automatische Lichtbogenlöschung im Nulldurchgang der Spannung möglich ist.
- Die Steuerung der Leistungsflüsse in vermaschten Netzen ist mit Gleichstrom schwieriger. Bisher wurden hauptsächlich Punkt-zu-Punkt-Verbindungen realisiert, also nicht vermaschte Gleichstromnetze. Für stark vermaschte Gleichstromnetze, wie sie für ein **Supergrip** benötigt würden, müssten noch einige technische Probleme gelöst werden, was aber voraussichtlich gut möglich ist.

Derzeit ist die HGÜ-Technik bei neuen Seekabeln ab Entfernungen von ca. 80 km der Wechselstromtechnik überlegen, an Land erst für Entfernungen ab ca. 400 km; in Einzelfall können sich jedoch auch deutliche Abweichungen von diesen typischen Werten ergeben. Durch weitere technische Verbesserungen könnten die genannten Minimallängen mit der Zeit noch etwas sinken.

Beispiele für Anwendungen der Hochspannungs-Gleichstromübertragung

Die Hochspannungs-Gleichstromübertragung ist besonders vorteilhaft, wenn sehr lange Leitungen realisiert werden müssen. Beispielsweise werden in China rund 5 GW Leistung aus mehreren **Wasserkraftwerken** in der Provinz Yunnan mittels HGÜ in die fast 1500 km entfernte bevölkerungsreiche und stark industrialisierte Provinz Guangdong transportiert.

In Europa wurden bisher vor allem Seekabel mit HGÜ realisiert, beispielsweise das Kabel NorNed zwischen Norwegen und den Niederlanden. Durch den massiven Ausbau der **erneuerbaren Energien**, insbesondere der **Windenergie**, entsteht ein zusätzlicher Bedarf für Leitungskapazitäten über größere Entfernungen, um die so gewonnene Energie konsequent nutzen zu können. Es ist vorgesehen, dass für diesen Zweck auch vermehrt Freileitungen

(sowie zusätzliche Seekabel) mit HGÜ-Technik realisiert werden. Ebenfalls interessant wäre die stärkere Anbindung norwegischer **Pumpspeicherkraftwerke** an Mitteleuropa. Weiter gehende Pläne für ein europäisches **Supergrid** würden sogar massive Leitungskapazitäten vorsehen, um zukünftige große Windparks und **solarthermische Kraftwerke** in Nordafrika sowie Speicherkraftwerke in Island in einen großen Verbund zu integrieren. Die erheblichen Kosten könnten sich leicht bezahlt machen durch stark verminderten Bedarf für **elektrische Energiespeicher** und durch die dann mögliche vermehrte Platzierung von **Kraftwerken** für **erneuerbare Energie** an optimalen Standorten.

Obwohl die HGÜ-Technik besonders für die Übertragung sehr hoher Leistungen (hunderte von Megawatt oder mehr) entwickelt wurde, ist sie in manchen Fällen auch für kleinere Leistungen von unter 100 MW interessant – insbesondere wenn die Nachteile der Wechselstromübertragung wesentlich wären, etwa bei Unterseeleitungen für Offshore-**Windparks** oder bei der Verbindung zweier nicht synchronisierter Wechselstromnetze.

Gleichstromkurzkupplungen

In manchen Fällen geht es nicht um nennenswerte Übertragungsdistanzen, sondern nur um die Vorteile der entfallenden Notwendigkeit der Netzsynchronisation. Hier kommen sogenannte *Gleichstromkurzkupplungen* zum Einsatz, mit denen beispielsweise der Energieaustausch zwischen verschiedenen, nicht synchron laufenden **Übertragungsnetzen** möglich ist.

Umrüstung von Stromtrassen auf HGÜ

Es ist möglich, Stromtrassen ganz oder teilweise von der konventionellen Drehstrom-Übertragung auf Hochspannung-Gleichstromübertragung umzustellen. Dazu werden einfach einzelne Leiterseile mit Gleichstrom betrieben, ohne an den Strommasten etwas ändern zu müssen. Die Übertragungskapazität einer Trasse kann auf diese Weise erheblich gesteigert werden,

beispielsweise um 30 oder gar 50 %, in manchen Fällen sogar noch mehr.

Siehe auch: [Hochspannungsleitung](#), [Gleichstrom](#), [Wechselstrom](#), [Stromnetz](#), [Gleichrichter](#), [Umrichter](#)

sowie andere Artikel in den Kategorien [elektrische Energie](#), [Grundbegriffe](#)

Kommentare von Lesern

08.11.2018

Die Umrüstung von Stromtrassen (speziell 380 kV) auf HGÜ könnte einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten. Zum Beispiel wäre es dann möglich, Windstrom aus Nordfriesland auch bei stärkerem Wind in den Süden zu schicken, anstatt die Windmühlen abzuregeln.

Antwort vom Autor:

Stimmt.

Hier können Sie einen Kommentar zur Veröffentlichung vorschlagen. Über die Annahme wird der [Autor des RP-Energie-Lexikons](#) nach gewissen [Kriterien](#) entscheiden. Im Kern geht es darum, dass der Kommentar für andere Leser potenziell nützlich ist.

Datenschutz: Bitte geben Sie hier keine personenbezogenen Daten ein. Wir würden solche allerdings ohnehin nicht veröffentlichen und bei uns bald löschen. Siehe auch unsere [Datenschutzerklärung](#).

Wenn Sie nur dem Autor eine Rückmeldung zukommen lassen möchten, verwenden Sie bitte den Kasten "Wie gefällt Ihnen dieser Artikel" weiter unten. Wenn Sie eine Rückmeldung vom Autor wünschen, schreiben Sie ihm bitte per [E-Mail](#).

Ihr Kommentar:

Ihr Hintergrund:

Spam-Prüfung:

(Bitte die Summe von fünf und zwölf hier als Ziffern eintragen!)

Abschicken

Bem.: Mit dem Abschicken geben Sie Ihre Einwilligung, Ihren Kommentar hier zu veröffentlichen. (Sie können diese später auch widerrufen.) Da Kommentare zunächst vom Autor durchgesehen werden, erscheinen sie verzögert, evtl. erst nach mehreren Tagen.

Teilen Sie den Link auf diesen Artikel mit anderen:

