




**SIEMENS**

*Ingenuity for life*



# Gasisolierte Übertragungs- leitungen (GIL)

Übertragungstechnologie  
für hohe Leistungen

[siemens.com/energy](https://www.siemens.com/energy)

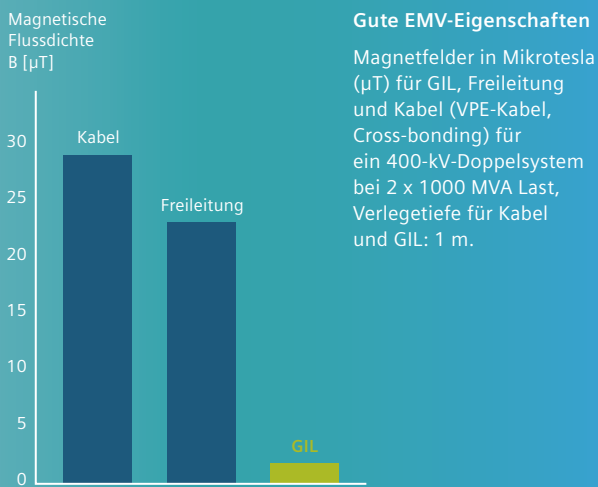
# GIL – Übertragungstechnologie für große Leistungen

## Flexibilität à la GIL: ober- oder unterirdisch

Wo immer Umweltverträglichkeit oder bauliche Gründe gegen eine Hochspannungsfreileitung sprechen, setzen unsere Kunden im Hochleistungsbereich auf gasisolierte Übertragungsleitungen der zweiten Generation. Ihre besonderen Vorteile: Hohe Energieübertragungsleistung, wesentlich bessere Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) als alle klassischen Übertragungssysteme, geringe Verluste, hohe Sicherheit (keine Brandgefahr) und Vielseitigkeit bei der Verlegung. So können unsere GIL-Systeme oberirdisch, in entsprechenden Tunneln oder unmittelbar im Erdreich geführt werden, je nach den individuellen Anforderungen.



Gegenüberstellung der Magnetfelder von verschiedenen Hochspannungsübertragungssystemen



Qualität und Zuverlässigkeit durch überlegene Technik und erstklassiges Know-how

Unsere GIL-Systeme basieren auf der seit Jahrzehnten bewährten SF<sub>6</sub>-Rohrleitertechnik. Bei dieser Technologie ruht ein zentraler Aluminiumleiter mit einem typischen Leiterquerschnitt von bis zu 5.300 mm<sup>2</sup> auf Gießharz-isolatoren, die ihn innerhalb eines Außenmantels zentrieren. Der Mantel besteht aus einem robusten Aluminiumrohr, in dem das System mechanisch und elektrisch sicher gekapselt ist. Dem aktuellen Stand von Umweltschutz und Technik entsprechend besteht die GIL-Isoliergasfüllung vorwiegend aus Stickstoff mit einer kleineren Beimischung von SF<sub>6</sub>. Zur Erhöhung der Lebensdauer verläuft bei der „Hochleistungs“-Produktreihe über die gesamte horizontale Leitungslänge eine Teilchenfalle. Ein automatisierter Orbitalschweißprozess sowie speziell angepasste Ultraschallprüfverfahren gewährleisten die perfekte Gasdichtigkeit der Aluminiumrohre.

Kraftwerk Wehr, Deutschland



Im Betrieb sind die GIL-Leitungen durch die vollständige Kapselung vor Umwelteinflüssen geschützt. Durch den technologisch klaren, logischen Aufbau und den Einsatz hochwertiger Materialien ergibt sich ein wartungsfreies Produkt, das nur äußerliche Inspektionen erfordert. Selbst die Frage der Demontage am Ende der Lebensdauer ist schon heute beantwortet: Sowohl das Rohrsystem mit all seinen Komponenten als auch das Isoliergasgemisch können vollständig wiederverwertet werden. Diese Faktoren sorgen für eine Minimierung der Lifecycle-Costs.

Eindrucksvoller Praxisbeweis: GIL im deutschen Kraftwerk Wehr

Im Kavernenkraftwerk Wehr im Schwarzwald installierte Siemens 1975 eine erste GIL-Strecke im Tunnel. Mit fast vier Kilometern Phasenlänge gilt diese Anlage noch immer als wichtiges Referenzprojekt für die GIL-Technik. Eine Überprüfung nach 30 Jahren Betrieb zeigte, dass sämtliche Komponenten auch nach dieser langen Zeit noch im Topzustand sind und dem Betreiber noch über Jahrzehnte hinweg zuverlässig dienen wird.



Technisch bieten die GIL-Systeme von Siemens durch ihre herausragenden Eigenschaften größtmögliche Flexibilität. Ihre hohe Übertragungsfähigkeit und die geringen Verluste erlauben die direkte Anbindung der GIL-Phasen an die Freileitungen, die somit unterirdisch fortgeführt werden. Aufgrund der niedrigen elektrischen Kapazität von GIL-Systemen sind in der Regel keine Kompensationsdrosseln erforderlich – nicht einmal für sehr lange GIL-Abschnitte mit bis zu 70 km Länge. Die technischen Eigenschaften der Siemens-GIL ermöglichen die automatischen Wiedereinschaltsequenzen der Freileitung beizubehalten, sodass keine Modifikation des Schutzkonzepts erforderlich ist. Aus denselben Gründen eignen sich GIL auch ideal für den direkten Anschluss an Umspannstationen oder Transformatoren.

### Überlegene Betriebssicherheit

GIL-Systeme von Siemens überzeugen nicht nur durch ihre technischen Daten, sondern auch durch ihre hervorragende Betriebssicherheit. Gefahrenpotenziale anderer Lösungen sind bei GIL-Systemen nicht bekannt. GIL sind durch ihre Gehäuseerdung völlig berührungssicher im Betrieb; zudem sind sie brand- und explosionsicher. Ihre elektrische Isolation ist alterungsfrei, sodass das Risiko interner Störungen praktisch gegen null geht. GIL von Siemens werden aus mehreren geschlossenen Gasräumen unterschiedlicher Länge zusammengesetzt, wodurch sich die Sicherheit im Falle äußerer Stoßeinwirkungen weiter erhöht. GIL-Systeme sind dicht auf Lebenszeit und wartungsfrei, sodass ihre überlegenen Eigenschaften erhalten bleiben.

### Flexibel im Anschluss – optimale Integration ins Netz

GIL-Systeme bestehen aus einer überschaubaren Zahl von modularen Elementen, die sich nach festgelegten technischen Regeln kombinieren lassen. Somit besteht bei GIL-Systemen für die Gesamtlänge keine Begrenzung, wobei nahezu jede Art von Trassenführung, z. B. in dicht bebauten Gebieten, bei Straßenquerungen, auf sumpfigem Untergrund usw. realisiert werden kann. Um dies zu gewährleisten, werden bei der Montage von GIL-Systemen ausgereifte, produktspezifisch modifizierte Verlegetechniken aus dem Pipelinebau eingesetzt.

### Flexible Trassenplanung durch beste elektromagnetische Verträglichkeit

Bedingt durch ihren Aufbau erzeugen GIL-Systeme wesentlich kleinere – um den Faktor 15 bis 20 schwächere – elektromagnetische Felder als herkömmliche Übertragungssysteme. Dadurch eignen sich GIL für eine völlig neuartige Trassenführung durch besiedelte Gebiete (z. B. in der Nähe von Krankenhäusern, Wohngebieten oder Flugüberwachungsanlagen usw.). GIL können gemeinsam mit anderen Betriebsmitteln, z. B. direkt neben Telekommunikationseinrichtungen in kombinierten Infrastrukturtunneln verlegt werden. Somit bieten GIL maximale Flexibilität für die Planung von Übertragungsnetzen in EMV-sensiblen Umgebungen, in denen Magnetfelder vermieden werden müssen. GIL-Systeme erfüllen auch die strengsten Vorschriften hinsichtlich der magnetischen Flussdichte, z. B. den in der Schweiz geltenden Grenzwert von 1  $\mu$ T.

# Vielseitigkeit bezüglich Anwendung und Verlegung

## Flexibilität für Ihren Erfolg

Dank ihrer besonderen Eigenschaften haben sich GIL-Systeme inzwischen überall auf der Welt etabliert, wo schwierige Übertragungsaufgaben bei komplexen Trassenführungen gemeistert werden müssen. GIL-Anlagen wurden in jeder nur denkbaren Anordnung realisiert: in Schächten, die senkrechte Abschnitte von 200 m enthalten, entlang steiler Gefällstrecken, ober- und unterirdisch um Gebäude herum sowie entlang sanft geschwungener Trassen – ohne Verwendung von Winkelstücken.



### Oberirdische Verlegung

GIL können oberirdisch auch bei extremen Umgebungsbedingungen problemlos eingesetzt werden. Hohe Außentemperaturen, intensive Sonneneinstrahlung oder extreme atmosphärische Belastungen wie Staub, Sand oder Nässe können der GIL nichts anhaben. Ein Korrosionsschutz ist dabei im Allgemeinen nicht nötig. Bei oberirdischer Verlegung können besonders hohe Übertragungsleistungen erzielt werden.

### Verlegung im Tunnel

Tunnel aus Fertigbauelementen sind eine weitere Möglichkeit, GIL-Trassen schnell und einfach zu errichten. Die Tunnelelemente werden im Graben zusammengefügt, anschließend wird dieser verfüllt. Langfristige Störungen des Landschaftsbildes sind damit ausgeschlossen. Nach der kompletten Fertigstellung des Tunnels wird die GIL im Untergrund montiert. Bei dieser Variante kann der Boden über dem Tunnel wieder vollständig landwirtschaftlich genutzt werden. Die thermische Beeinflussung des Erdreichs durch die GIL ist vernachlässigbar. Das System bleibt für Inspektionsarbeiten leicht zugänglich, und eine hohe Übertragungskapazität ist gewährleistet.

### Vertikalverlegung

Gasisolierte Rohrleiter können problemlos mit beliebiger Steigung verlegt werden. Damit sind sie insbesondere für Kavernenwasserkraftwerke eine ideale Lösung, bei denen große Energiemengen vom unterirdischen Maschinentransformator zur Schaltanlage und zur Freileitung an der Oberfläche übertragen werden müssen. Da von GIL-Systemen keine Brandgefahr ausgeht, können sie in einem Tunnel oder Schacht verlegt werden, der gleichzeitig als Zugang dient und zur Lüftung genutzt werden kann.

### Direkte Erdverlegung

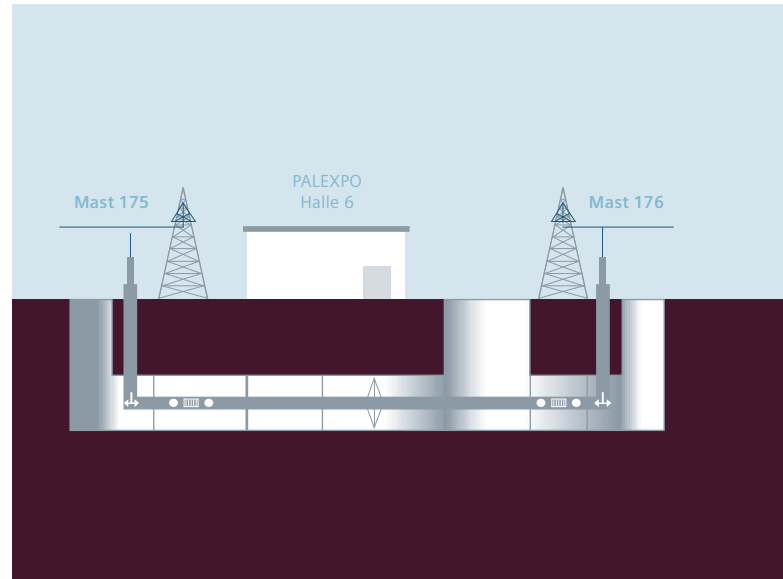
Siemens bietet auch GIL-Lösungen für die direkte Erdverlegung an. Diese Systeme sind mit einer durchgehenden Polyethylenbeschichtung versehen, die als zusätzlicher Schutz für die korrosionsbeständige Aluminiumlegierung der Kapsel dient und das System im Erdreich länger als 40 Jahre schützt. Da in der Nähe aller Siemens GIL-Systeme nur minimale Magnetfelder auftreten, kann der Boden nach der Installation wieder landwirtschaftlich genutzt werden.



### Typische Referenzprojekte

In dem 2010 errichteten Pumpspeicherkraftwerk Limberg II in Kaprun, Österreich, wurde eine GIL in einem Schacht mit 42° Steigung verlegt. Sie verbindet das Kavernenkraftwerk mit der 380-kV-Freileitung auf ca. 1.600 m Höhe. Da von GIL-Systemen keine Brandgefahr ausgeht, kann der GIL-Tunnel nicht nur als Zugang, sondern auch zu Lüftungszwecken genutzt werden. Dadurch ergab sich eine erhebliche Kosteneinsparung, da die Notwendigkeit eines zweiten Schachts für dieses Projekt entfiel.

Ein typisches Beispiel für die guten EMV-Eigenschaften ist das Projekt PALEXPO in Genf, Schweiz. Eine im Tunnel verlegte GIL ersetzte 500 Meter einer bisherigen 300-kV-Doppelfreileitung, die wegen des neuen Messezentrums verlegt werden musste. Ausschlaggebend bei der Entscheidung des Leitungsbetreibers für eine GIL-Lösung statt einer Kabellösung waren die wesentlich besseren EMV-Eigenschaften des GIL-Systems. Hochempfindliche elektronische Geräte können nun in der neuen Halle ausgestellt und betrieben werden, ohne dass ein Risiko von Störeinstrahlungen aus der darunter verlaufenden 300-kV-Verbindungsleitung besteht.



# Durchgängiges Konzept vom Entwurf bis zum Betrieb



## **Minimaler Aufwand – optimales Ergebnis**

Die GIL-Technologie wurde entwickelt, um eine größtmögliche Vielzahl von Anforderungen abzudecken, die aus der Montage und dem Betrieb erwachsen. So ist neben der klassischen GIL-Montage vor Ort auch die Montage vorgefertigter Module am Installationsort möglich und somit eine optimale Anpassung an die gewählte Trassenführung. Alle GIL-Konzepte haben auch logistische Vorteile: Sämtliche Elemente wie Rohre, Winkelemente und Spezialmodule sind klein und leicht genug für den Transport auf vergleichsweise leichten Standard-Lkw.

Ein wichtiger Aspekt bei der Installation ist die Herstellung gasdichter Verbindungen für die Komponenten. Zur Erfüllung dieser Anforderung setzt Siemens ein automatisiertes, computergesteuertes Schweißverfahren ein. Ein Schweißroboter sorgt für höchste Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Schweißnähte. Die Qualität jeder Schweißnaht wird zu 100 Prozent mittels Ultraschallprüfungen kontrolliert, um perfekte Gasdichtigkeit und mechanische Festigkeit sicherzustellen. Somit muss während der gesamten Lebensdauer von über 50 Jahren kein Isoliergas nachgefüllt werden.





### GIL – Technische Daten

Nennspannung	245 bis 550 kV
Typischer Nennstrom (höhere Werte auf Anfrage)	bis zu 4.500 A
Nennkurzzeitstrom	63 kA/3 s
Isoliergas	N <sub>2</sub> /SF <sub>6</sub> -Gasgemisch
Typische Systemlänge	100 m bis 100 km
Steh-Stoßspannung	1.050 bis 1.675 kV
Kapazität	55 nF/km
Überlastbarkeit	bis zu 100 % je nach Konstruktion und Anforderungen
Außendurchmesser	~375 bis 522 mm
Gewicht pro Phase	~50 kg/m



# Herausforderungen in Gegenwart und Zukunft

Die GIL-Technologie wird sich zweifellos zu einem tragenden Pfeiler der großen Energieübertragungsprojekte der Zukunft entwickeln: die unterirdische Übertragung großer Energiemengen im Rahmen z. B. der europäischen Netzentwicklungsplanung; der Anschluss wichtiger Kraftwerke an die Übertragungsleitungen mit maximaler Zuverlässigkeit; die kompakte, platzsparende (unterirdische) Übertragung in den Megacities der Zukunft – in all diesen Fällen wird diese Technologie einen Beitrag zur kontinuierlichen Verbesserung der Versorgungsqualität und damit der Lebensqualität der Menschen leisten.



Unser Firmengründer Werner von Siemens interessierte sich leidenschaftlich für zukunftsweisende Technologien und ihre Nutzung im Dienste der Menschen. Die GIL-Technologie von Siemens entspricht dieser Philosophie vollkommen: Ihre bahnbrechenden technischen Vorteile revolutionieren die Energieübertragung mit besonders hohen Spannungen und Strömen.

Durch das kontinuierliche Wachstum der Weltbevölkerung und die Urbanisierung ist die Notwendigkeit, große Energiemengen mit besonders hoher Spannung direkt in die Zentren der Städte zu bringen, stark gewachsen. Gleichzeitig wird der für die Übertragungsnetze verfügbare Raum immer knapper, und umweltbezogene Anforderungen wie EMV und Brandschutz gewinnen zunehmend an Bedeutung. GIL erfüllt diese Anforderungen perfekt.

Auch bei der Stromerzeugung findet ein konzeptioneller Wandel statt. Da die natürlichen Ressourcen begrenzt sind, gewinnen Systeme zur Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen zunehmend an Bedeutung. Offshore-Windparks und Solarkraftwerke werden errichtet, die in entlegenen Regionen riesige Energiemengen zur Verfügung stellen. Daher benötigt man Übertragungssysteme, die große Energiemengen mit höchster Zuverlässigkeit und minimalen Verlusten transportieren können.

### Siemens' Antwort auf diese Herausforderungen heißt GIL

In Bereichen, wo die Verwendung von Freileitungen nicht möglich ist, bieten gasisolierte Übertragungsleitungen von Siemens zahlreiche Vorteile gegenüber anderen Übertragungssystemen:

- Hohe Nennspannungen und Übertragungskapazität bis zu 3.700 MVA pro System
- Hohe Überlastbarkeit
- Automatische Wiedereinschaltung
- Langstreckentauglichkeit (70 km und mehr ohne Blindleistungskompensation)
- Hohe Kurzschlussfestigkeit (auch bei Störlichtbögen)
- Möglichkeit zum Direktanschluss an gasisolierte Schaltanlagen (GIS) und gasisolierte Überspannungsableiter ohne Kabeleinführung
- Nicht entflammbar, daher keine Brandgefahr im Störfall
- Geringste elektromagnetische Felder
- Keine Alterung



Herausgeber  
Siemens AG 2016

Energy Management Division  
Freyeslebenstraße 1  
91058 Erlangen, Deutschland

Wünschen Sie mehr Informationen,  
wenden Sie sich bitte an unser  
Customer Support Center.

Tel.: +49 180 524 70 00

Fax: +49 180 524 24 71

(Gebühren abhängig vom Provider)

E-Mail: [support.energy@siemens.com](mailto:support.energy@siemens.com)

Artikel-Nr. EMTS-B10014-00

Gedruckt in Deutschland

Dispo 30003

TH 150-160198 DPG BR 07160.1

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.