

Interpellation 23.3942

Für ein sicheres, effizientes und umweltfreundliches Schweizer Höchstspannungsnetz. Neue Technologie in die Netzplanung aufnehmen

7. September 2023

Am 16. Juni 2023 reichte Ständerat Erich Ettlin (Die Mitte) eine Interpellation mit dem Titel «Für ein sicheres, effizientes und umweltfreundliches Schweizer Höchstspannungsnetz. Neue Technologie in die Netzplanung aufnehmen» ein.

Eingereichter Text: «Verschiedene Höchstspannungsleitungen sind am Ende ihrer Lebensdauer angelangt und müssen, zwecks Sicherstellung der Stromversorgung erneuert und/oder ausgebaut werden. Der entsprechende Prozess ist anspruchsvoll und dauert, aufgrund verschiedenster Ansprüche bei gleichzeitig enger werdenden Räumen erfahrungsgemäss Jahre, wenn nicht Jahrzehnte. Die genannten Probleme könnten durch eine neue Druckluftkabel-Technologie, welche in der Schweiz entwickelt und patentiert wurde, gelöst werden. Diese erlaubt die Übertragung bis 420kV mit teils markant weniger Energieverlusten. Zudem erlaubt diese Technologie eine baulich deutlich einfachere und damit bei vielen Projekten auch kostengünstigere Erdverlegung als VPE-Kabel. Im Vergleich mit Freileitungsanlagen beeinträchtigt diese das Landschaftsbild nicht, ist wesentlich sicherer gegenüber Naturereignissen und gezielten Angriffen und geniesst eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz. Im Gegensatz zu herkömmlichen Technologien enthalten die Druckluftkabel zudem keine umweltschädlichen Treibhausgase (wie z.B. in SF6 GIL Anlagen), benötigen keine Beton-Rohrblöcke, keine Muffen, sind geräuschlos, nicht brennbar und komplett recyclebar. Die innovative Schweizer Druckluftkabel-Technologie ist marktreif. Sie wurde mit Erfolg über ein Jahr bei der SBB getestet (145 kV). Alle Zertifizierungsprozesse bis 145 kV sind erfolgt, jene für 220 kV werden 2023 abgeschlossen. Trotz aller Vorzüge zögert Swissgrid, damit zu planen, mangels langfristiger Erfahrungswerte, welche allerdings nur zu Stande kommen können, wenn die Technologie auch eingesetzt wird.»

Im vorliegenden Papier legt Swissgrid ihre Position zu diesem Thema dar.

Die Netzbetreiber sind gemäss Artikel 8 des Bundesgesetzes über die Stromversorgung (StromVG; SR 734.7) für die Gewährleistung eines **sicheren, leistungsfähigen und effizienten Netzes** verantwortlich. Swissgrid prüft bei jedem Netzbauprojekt sowohl Freileitungs- als auch Verkabelungsvarianten. Beide Technologien haben Vor- und Nachteile betreffend Bau, Betrieb und Instandhaltung der Leitungen, die Einflüsse auf die Umwelt und das Landschaftsbild sowie die Kosten. Der Bundesrat legt das Planungsgebiet, den Korridor und die Technologie (Erdkabel oder Freileitung) für Leitungen fest. Swissgrid setzt die Projekte so um, wie sie von den Behörden festgelegt wurden.

Druckluftkabel sind für das Höchstspannungsnetz (380/220 kV) noch nicht zertifiziert

Als innovatives Unternehmen steht Swissgrid neuen Technologien offen gegenüber. In Zusammenarbeit mit Bundesämtern und Partnern prüft Swissgrid neue Technologien. Druckluftkabel sind zurzeit für das Höchstspannungsnetz **nicht lizenziert und daher nicht zugelassen**. Diese Technologie ist noch nicht reif genug, um mit Druckluftkabeln zu planen.

Aktuell wird diese neu entwickelte Technologie im Rahmen eines Pilotprojekts auf der Spannungsebene 145 kV auf dem SBB Gelände in Zürich-Seebach getestet. Der Abschluss des Projekts und die entsprechende Berichterstattung sind für Q3/2023 geplant. Swissgrid klärt derzeit die Möglichkeit eines Pilotversuchs im Höchstspannungsbereich (220/380 kV).

Wer entscheidet bei neuen Leitungsprojekten und aufgrund von welchen Entscheidungskriterien, ob eine Freileitungs- oder eine Erdverlegungsvariante realisiert wird?

Swissgrid prüft bei jedem Projekt sowohl Freileitungs- als auch Erdverlegungsvarianten. Diese Varianten werden von dem Bundesamt für Energie (BFE) eingesetzten Begleitgruppe analysiert. Damit werden neben technischen Aspekten die Faktoren Raumentwicklung, Umwelt und Wirtschaftlichkeit berücksichtigt. Der Entscheid ist somit das Ergebnis einer umfassenden Interessenabwägung. Schliesslich ist es der Bundesrat, der über das Planungsgebiet, den Korridor und die Technologie (Freileitung oder Erdverkabelung) der künftigen Leitung entscheidet. Die Baukosten einer Höchstspannungsleitung können sich von Fall zu Fall stark unterscheiden – je nach Topografie, Baugrund, potenziellen Naturgefahren und der Technologie, die gewählt wird. Als Faustregel gilt, dass im Übertragungsnetz ein Kilometer Erdkabel zwischen 1,5 und 10 Mal teurer ist als ein Kilometer Freileitung. Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt Swissgrid nicht nur die Bau-, sondern auch die Lebenszykluskosten der verschiedenen Leitungsvarianten.

Heutiger Standard: Kabel mit Polyethylen (XLPE) als Isoliermaterial

Heute sind Kabel mit Polyethylen als Isoliermaterial der **Standard für Höchstspannungskabel**. Sie wurden von Swissgrid beispielsweise bei den Erdkabelprojekten Beznau – Birr und zwischen La Bâtiatz und Le Verney für den Netzanschluss Nant de Drance eingesetzt. Sie sind sehr vielseitig, da sie in Betonkabelkästen, Tunneln und sogar unter Wasser eingesetzt werden können. Die Kabel bestehen im Kern aus einem Leiter, der aus Kupfer oder Aluminium besteht. Sie sind ummantelt von mehreren Schichten Isolierung aus Polyethylen. Zusätzliche Schichten dienen der Abdichtung, dem mechanischen Schutz oder der Betriebserdung von kapazitiven Strömen und Kurzschlussströmen. Der Nachteil dieser Technologie ist das Gewicht. Die Kabel müssen auf mehrere Spulen aufgerollt und mit Schwertransportern transportiert werden. Für die Verbindung dieser Kabel sind Muffen erforderlich. Mit einem Kabelersatz ist nach ca. **40 Jahren** zu rechnen. Für das Kabelverlegungsprojekt in der zweiten Röhre des Gotthardtunnels hat sich Swissgrid im Jahr 2022 nach Prüfung aller Möglichkeiten für XLPE-Kabel entschieden.

Überblick über verschiedene Technologien

Freileitungen und Erdkabel haben Vor- und Nachteile beim Betrieb des Netzes und seiner Instandhaltung. Im Höchstspannungsbereich gibt es weltweit nur wenig Erfahrung beim Betrieb von Kabelleitungen. Auf Höchstspannungsebene (220 kV und 380 kV) wird der Strom bislang weitgehend über **Freileitungen** transportiert. Die Luft dient dabei als optimaler Isolator. Die Lebensdauer einer Freileitung beträgt rund 80 Jahre, die einer Kabelleitung etwa 40 Jahre.

Die Unterschiede bei den (Kabel-)Technologien liegen beim Isoliermaterial, mit dem die Leiter umhüllt sind, bei der Wartung und den Kosten. Diese Isoliermaterialien können aus Gas, komprimierter Luft oder Polyethylen bestehen. Jede dieser Technologien hat Vor- und Nachteile.

Druckluftkabel

Druckluftkabel haben eine ähnliche Struktur wie gasisolierte Leitungen. Die Isolierung besteht nicht aus SF₆-Gas oder anderen speziellen Gasen, sondern aus komprimierter Luft (mit einem Druck bis zu 10 bar). Es handelt sich um eine neue Technologie (aus dem Jahr 2020), bei der es noch an **Erfahrung** und **Zertifizierung** im Höchstspannungsbereich mangelt. Die Leiter bestehen aus Aluminium. Einer der grössten Vorteile sind die niedrigen Emissionen, da die Konstruktion von Druckluftkabeln ein niedriges Magnetfeld mit sich bringt. Es zeigt sich jedoch auch der Nachteil einer neuen, noch nicht für das Höchstspannungsnetz zertifizierten und getesteten Technologie, die eine zusätzliche Wartung erfordert.

Gasisolierte Leitungen

Bei gasisolierten Leitungen (GIL) wird die gleiche Technologie verwendet wie bei gasisolierten Schaltanlagen (GIS). Der Leiter wird in Metallrohre eingeführt, die mit Gas gefüllt sind. Derzeit wird als Isoliergas Schwefelhexafluorid (SF₆) verwendet – ein Treibhausgas, das 26 000 Mal schädlicher ist als CO₂. In einigen Schweizer Mittelspannungsunterwerken werden derzeit umweltfreundlichere Alternativen zu SF₆-Gas eingesetzt. Für die Höchstspannung gibt es jedoch noch keine andere Lösung. GIL-Kabel weisen gegenüber XLPE-Kabeln eine höhere Übertragungsleistung bei einem kleineren magnetischen Feld auf.

Supraleiter

Supraleiter sind Materialien, die bei niedrigen Temperaturen eine sehr hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Aus diesen Materialien können Kabel hergestellt werden, die den XLPE-Kabeln ähnlich sind, wobei ein Rückkühlmedium hinzugefügt wird. Dieses Produkt ermöglicht auch eine hohe Leistungskapazität. Die magnetischen Felder sind begrenzt. Der Nachteil ist, dass eine Kühlung erforderlich ist, die Betriebskosten verursacht und Unterhalt erfordert. Der Einsatz von Niederspannungs-Supraleitern in einem Stromübertragungsnetz erfordert Transformatoren, was die Investitionskosten erhöht. Obwohl diese Technologie bereits seit einiger Zeit bekannt ist, befindet sich ihre Umsetzung noch in der Entwicklungsphase. Bisher wurde sie nur für kurze Strecken verwendet.

Je mehr Verkabelung, desto komplexer das System

Verkabelungen erhöhen die Komplexität des Systems. Aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften erhöhen Erdkabel die Spannung stärker als Freileitungen. Swissgrid muss dafür sorgen, dass die Spannung im gesamten Übertragungsnetz nie zu hoch wird. Dazu kann sie Kraftwerke anweisen, die Spannung zu senken oder sogenannte Kompensationsanlagen zu bauen, die die Spannung reduzieren. Diese benötigen allerdings viel Platz, sind kostenintensiv und verursachen Lärm. Neben der fehlenden Zertifizierung und der unreifen Technologie werden Druckluftkabel zu einer zusätzlichen, aufwendigen sowie komplett neuen Technologie im Netz, die gewartet werden muss, was ein enorm hoher Materialaufwand mit sich bringt.

Ausserdem weisen Kabelleitungen im Betrieb immer mehr **Blindleistung auf als Freileitungen**. Die Blindleistung ist nutzloser Strom, der die Leitung «verstopft» und nicht genutzt beziehungsweise nicht in eine andere Energieform umgewandelt werden kann. So belastet diese Leistung nicht nur das Stromversorgungsnetz, auf dem der Blindstrom zusätzlich zum Wirkstrom transportiert werden muss, sondern auch die Generatoren oder den Transformator, wo die Blindleistung erzeugt wird. Physikalisch unterscheidet man die kapazitive und die induktive Blindleistung. Sie kompensieren sich und heben sich idealerweise ganz auf. Swissgrid versucht, ihre Leitungen möglichst nahe an diesem Punkt der sogenannten «natürlichen Leistung» zu betreiben. Bei Erdkabeln ist dies nicht möglich, da sie sich zu stark erhitzen würden. Lange Erdkabel reduzieren deshalb entweder die effektive Leistung einer Leitung (Wirkleistung) oder sie machen Anlagen zur Kompensation der Blindleistung nötig. Diese Herausforderung verstärkt sich proportional zur **Länge einer Erdkabelleitung**. Für das 17 Kilometer lange Kabelprojekt im Gotthardstrassentunnel muss Swissgrid beispielsweise im Unterwerk Airolo eine Kompensationsanlage bauen, um die Blindleistung zu kompensieren.