

«Klärung von Grundsatzfragen für die Bündelung von Übertragungsleitungen mit Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken»

Integrierte Netze der Zukunft

Martin Michel¹, Bundesamt für Energie (BFE)

Kurzfassung:

Die Bündelung von Infrastrukturen wie etwa Übertragungsleitungen mit Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken kann zum Landschaftsschutz und zur haushälterischen Bodennutzung beitragen. Solche multifunktionalen Infrastrukturen sind jedoch eine grosse Herausforderung für Behörden und Projektanten. Eine Studie im Auftrag des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) hat die Anforderungen an Technik, Betrieb und Sicherheit bei solchen Vorhaben untersucht.

Keywords: Netze, Stromnetz, Bündelung, Infrastrukturen

1 Aufgabenstellung

Die vorliegende Studie «Klärung von Grundsatzfragen für die Bündelung von Übertragungsleitungen mit Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken», welche im Auftrag des UVEK erarbeitet wurde, soll die Anforderungen an Bau, Technik, Betrieb, Unterhalt und Sicherheit sowie die gegenseitige Beeinflussung klären. Der Fokus richtet sich bei Nationalstrassen auf Autobahnen, bei Eisenbahnstrecken auf Normal- und Schmalspurbahnen und bei Übertragungsleitungen auf das 50 Hertz-Übertragungsnetz 380/220 kV. Die Studie soll die gegenseitige Beeinflussung der Infrastrukturen im regulären Betrieb, beim Unterhalt sowie Auswirkungen von ausserordentlichen Ereignissen beim Betrieb der gebündelten Infrastrukturen darlegen. Zudem sollen die für einen sicheren Betrieb notwendigen Rahmenbedingungen und Anforderungen (bauliche, präventive und prozessuale Massnahmen) aufgezeigt werden. Hierbei sind Neubauten, Sanierungen und der Umbau bestehender Infrastrukturen zu betrachten.

2 Motivation

Unter Berücksichtigung der besonderen Rahmenbedingungen in der Schweiz in Bezug auf die Topografie, die dichte Besiedlung des Mittellandes, die hohen Ansprüche an die Infrastruktur und angesichts einer langwierigen, langsam voranschreitenden Weiterentwicklung der Stromnetze kann die Bündelung von Infrastrukturanlagen, konkret von Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen, zum Landschaftsschutz und zur haushälterischen Bodennutzung beitragen. Aus diesem Grund hat der Bundesrat auf Vorstösse im Parlament festgehalten [1], dass die Bündelung der Infrastrukturen aus bautechnischer Sicht realisierbar sei, dass die Bündelung allerdings in der Regel als kostspielig und in Bezug auf die Koordination als schwierige Aufgabe gilt. Es wurde auch

¹ Bundesamt für Energie (BFE), CH-3003 Bern, +41 58 462 57 52, martin.michel@bfe.admin.ch

festgestellt, dass das Prinzip der Bündelung von Infrastrukturen mit den Zielen und Planungsgrundsätzen des Raumplanungsgesetzes (RPG) übereinstimmt.

Beispiele, in welchen die Bündelung des Stroms mit den Sektoren Strasse oder Bahn bereits in die Realität umgesetzt wurden, gibt es erst wenige, insbesondere was die Höchstspannungsebene 380/220 kV betrifft. Die wenigen in der Schweiz oder im nahen Ausland betriebenen Anlagen betreffen hauptsächlich die tieferen Netzebenen (regionale / überregionale Verteilnetze). Im Ausland sind es jüngst lange, länderübergreifende Kabelverbindungen auf der Basis der Gleichstromtechnologie, welche auf einzelnen Abschnitten mit Eisenbahnstrecken, Nationalstrassen oder auch untergeordneten Nebenstrassen gebündelt werden. Die Pyrenäen bzw. die Alpen werden dabei im ersten Fall in einem parallel zum Perthus-Eisenbahntunnel erstellten Kabelstollen (Electrical interconnection between Baixas - Santa Llogaia), im anderen Fall in einem Werkleitungskanal innerhalb des Fréjus-Autobahntunnels ("Italy-France" electrical interconnection resp. Piemonte-Savoia project) unterquert.

Anders als beim 50 Hertz-Übertragungsnetz ist die Bündelung auf dem Schweizer Schienennetz mit Kabellösungen des 16.7 Hertz-Bahnstrom-Übertragungsnetzes 132 kV bereits verbreitete Praxis. In Betrieb befinden sich entsprechende Kabellösungen im Lötschberg-Basistunnel und im Simplontunnel. Baulich vorbereitet sind die Kabelrohrblöcke im Zimmerberg-Basistunnel I und im Gotthard-Basistunnel. Bei der Planung der zweiten Röhre des Gotthard-Strassentunnels durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) wird dessen multifunktionale Nutzung geprüft. Der Einbau eines zusätzlichen Werkleitungskanals (WELK) unterhalb der Fahrbahn bietet die Möglichkeit für eine Nutzung durch Höchstspannungskabel, wie z.B. zwei 380 kV-Kabelstränge. Weiter werden derzeit Vorabklärungen für eine Realisierung eines neuen Eisenbahntunnels am Grimsel getätigt, durch welchen auch eine Stromleitung gelegt werden soll. Diese Planung sieht vor, ein gemeinsames Tunnelsystem für eine Schmalspurbahn zwischen Meiringen und Oberwald und für eine 380 kV-Höchstspannungsleitung zu realisieren. Beim Uetlibergtunnel der Westumfahrung von Zürich und im anschliessenden Bereich der Verzweigung Zürich-Süd wurden Vorinvestitionen in Kabelblöcke getroffen, die es erlauben sollen, künftig eine Übertragungsleitung 380/220 kV aufzunehmen.

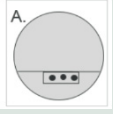
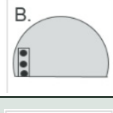
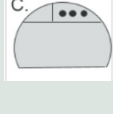
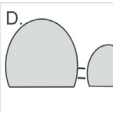

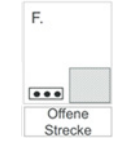

Nebst dem grossen Potential bei Neubauten besteht mittelfristig Potential zur Bündelung der Infrastrukturen bei umfangreichen Unterhaltsarbeiten (Gesamtsanierungen) oder Anpassungen von bestehenden Infrastrukturanlagen.

3 Infrastrukturen und mögliche Bündelungsanordnungen

Bei einer Bündelung sind in der Regel die Strasse oder die Bahn als Trägerinfrastruktur und die Kabelanlage als Sekundärinfrastruktur zu betrachten (Strom als Mitbenutzer). Dies gilt insbesondere dann, wenn die Strasse oder die Bahn bereits vor dem Bündelungsvorhaben Bestand hatte.

Die Anordnungsmöglichkeit bei einer Bündelung ist vom Bauwerkstyp und von der Lage im Bauwerk abhängig und ist deshalb differenziert zu betrachten. Die nachfolgende Tabelle vermittelt eine Übersicht über die möglichen Anordnungsvarianten, die als Lösungsmöglichkeiten identifiziert und im Rahmen der Studie geprüft wurden.

Tabelle: Bauliche Anordnungsvarianten für Bündelungsvorhaben Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen

Querschnitt		Integration der Kabelanlage	Merkmal
Anordnung A		Varianten: <ul style="list-style-type: none"> — Kabel offen verlegt in begehbarem Kanal (WELK) — Kabelrohrblock unter der Fahrbahn 	<ul style="list-style-type: none"> — Verkehr und Stromtrasse räumlich getrennt — Verkehr und Stromtrasse <u>nicht</u> räumlich getrennt
Anordnung B		Varianten: <ul style="list-style-type: none"> — Kabelrohrblock im Bankett 	<ul style="list-style-type: none"> — Verkehr und Stromtrasse <u>nicht</u> räumlich getrennt
Anordnung C		Varianten: <ul style="list-style-type: none"> — Kabel offen verlegt in begehbarem Lüftungskanal — Kabel(-rohrblock) am Gewölbe 	<ul style="list-style-type: none"> — Verkehr und Stromtrasse <u>nicht</u> räumlich getrennt, da Lüftungskanal unter Verkehrsbetrieb nicht begangen werden kann — Verkehr und Stromtrasse <u>nicht</u> räumlich getrennt
Anordnung D		Varianten: <ul style="list-style-type: none"> — Kabel offen verlegt im Stollen (SiSto) — Kabelrohrblock unter der Sohle 	<ul style="list-style-type: none"> — Verkehr und Stromtrasse räumlich getrennt
Anordnung E		Varianten: <ul style="list-style-type: none"> — Kabelrohrblock unter der Fahrbahn oder dem Pannestreifen 	<ul style="list-style-type: none"> — Verkehr und Stromtrasse <u>nicht</u> räumlich getrennt
Anordnung F		Varianten: <ul style="list-style-type: none"> — Kabelrohrblock ausserhalb Fahrbahnen und Pannestreifen (bei der Strasse) bzw. Fahrleitungsanlage (bei der Bahn) 	<ul style="list-style-type: none"> — Verkehr und Stromtrasse <u>nicht</u> räumlich getrennt, sofern nicht Zugang von einer unabhängigen Unterhaltsstrasse
Anordnung G		Varianten: <ul style="list-style-type: none"> — Kabel offen verlegt innerhalb Brückenhohlkasten oder an Brückenträgern — Kabel offen verlegt an Brückenplatte 	<ul style="list-style-type: none"> — Verkehr und Stromtrasse räumlich getrennt

Ein wichtiges Merkmal der Bündelung ist, ob sich die Stromtrasse vom Verkehr räumlich getrennt verlegen lässt oder nicht. Die räumliche Trennung bedeutet, dass der Zugang zur Stromtrasse (bzw. zu den Schächten) jederzeit unabhängig vom Verkehr erfolgen kann, weil sie sich – wie bei Tunnels – in einem anderen Hohlraum befindet oder – wie bei offenen Strecken – in einem danebenliegenden, separat erschlossenen Korridor untergebracht ist. Wenn die Stromtrasse in der Fahrbahn oder in der Böschung Muffen- oder Kabelzugschächte aufweist, die nur von der oder über die Trägerinfrastruktur erreicht werden können, dann liegt

keine räumliche Trennung vor. Die Abgrenzung der beiden Anordnungen E und F auf offener Strecke vermittelt die nachfolgende Abbildung.

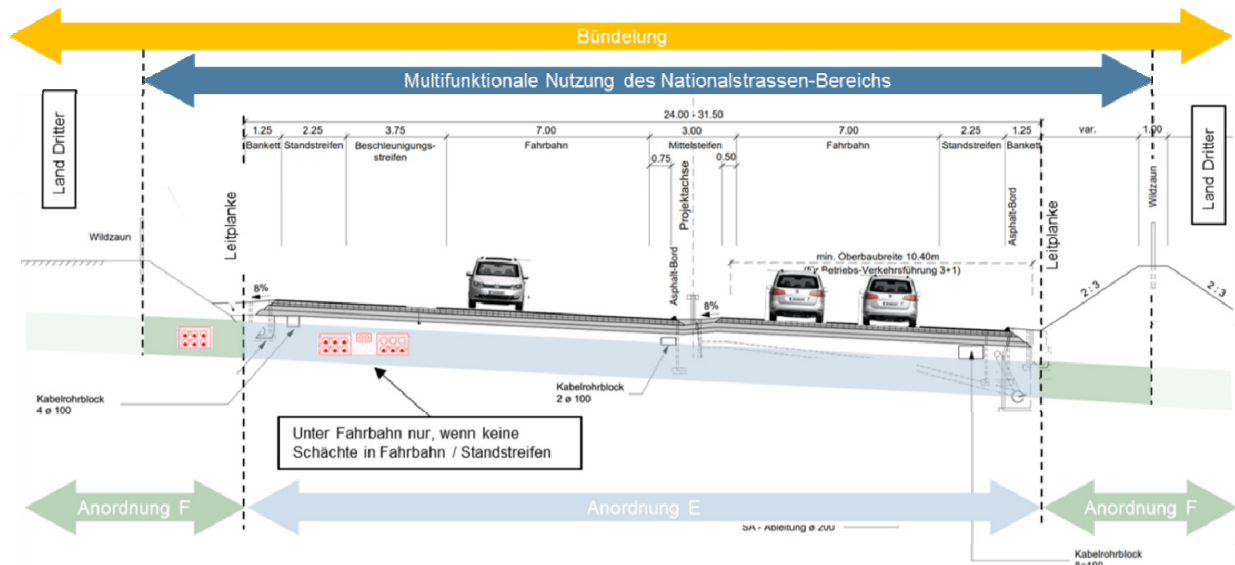
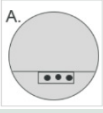
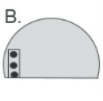
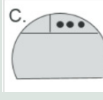
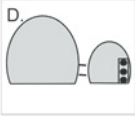


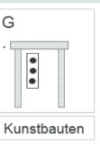


Abbildung: Abgrenzung der Anordnungen E und F bei einer Nationalstrasse

Anhand einer umfangreichen Recherche zu vergleichbaren Vorhaben im In- und Ausland wurde untersucht, welche der sieben identifizierten Anordnungen bisher realisiert wurden und wie hoch deren Relevanz für die Aufgabenstellung ist. Wie oben dargelegt, lassen sich bis heute nicht viele ausgeführte Beispiele heranziehen. Überlegungen zur prinzipiellen Eignung und zum möglichen Realisierungszeitpunkt ergänzten darum die Recherche und führten zu einer ersten Bewertung, welche der Anordnungen in der Studie weiter zu verfolgen sind. Es zeigte sich dabei:

- Nicht alle Anordnungen weisen dieselben Voraussetzungen für eine Bündelung auf.
- Bei einer in Betrieb stehenden Trägerinfrastruktur ist die nachträgliche Bündelung, sofern die Infrastruktur nicht schon baulich vorbereitet ist, mit wenigen Ausnahmen kaum mehr möglich.
- Die Infrastruktur Nationalstrasse bietet die besseren Voraussetzungen zur Bündelung als die Infrastruktur Eisenbahn.

Tabelle: Beurteilung der Anordnungen auf ihre Relevanz

Querschnitt		Strasse	Bahn
Anordnung A		Relevanz hoch: Bei gleichzeitigem Neubau der Infrastrukturen oder bei einer Gesamtsanierung realisierbar	Ungeeignet, da kein Platz bei Bahntunnels: <u>Wurde nicht weiter verfolgt</u>
Anordnung B		Ungeeignet, da kein Platz bei Strassentunnels: <u>Wurde nicht weiter verfolgt</u>	Relevanz Hoch: Bei gleichzeitigem Neubau der Infrastrukturen realisierbar
Anordnung C		Ungeeignet aus Sicherheitsüberlegungen: <u>Wurde nicht weiter verfolgt</u>	
Anordnung D		Relevanz hoch: Bei gleichzeitigem Neubau der Infrastrukturen oder bei späterem Zubau von parallelen Stollen (z.B. SiSto) realisierbar	
Anordnung E		Relevanz hoch: Bei gleichzeitigem Neubau der Infrastrukturen oder bei einer Gesamtsanierung realisierbar, in Spezialfällen und wenn Muffenschächte ausserhalb Fahrbahn / Pannestreifen	Kabelleitungen, die nicht dem Bahnbetrieb dienen, müssen grundsätzlich nach Starkstromverordnung ausserhalb der Gleisanlage und den zugehörigen Leitungstragwerken für die Bahnstromversorgung verlegt werden. <u>Wurde nicht weiter verfolgt</u>
Anordnung F		Relevanz hoch: Bei gleichzeitigem Neubau der Infrastrukturen oder bei einer Gesamtsanierung. Bei einer in Betrieb stehenden Trägerinfrastruktur, wenn die (Baustellen-) Erschliessung seitlich über das Feld erfolgt	Relevanz bedingt vorhanden: Bei gleichzeitigem Neubau der Infrastrukturen (Neubaustrecke)
Anordnung G		Relevanz bedingt vorhanden: Bei gleichzeitigem Neubau der Infrastrukturen	

4 Rahmenbedingungen und Umfeld für die Bündelung

4.1 Kabellogistische Rahmenbedingungen

Die Kabellogistik ist abhängig von der Zugänglichkeit der jeweiligen Verkehrsinfrastruktur der Trägerinfrastruktur wie etwa Strassentunnel, Bahntunnel und offene Strecken.

Beim Strassentransport ist zu beachten, dass die Routen Einschränkungen bezüglich Gesamtgewicht und Höchsthöhe unterliegen. Zudem können einzelne Brückenhindernisse die Limiten senken. Wo nichts definiert ist – wie z.B. auf der Zufahrtstrecke zum Gotthard-Strassentunnel - müssen die Übergewichte und Übermasse im Einzelfall abgeklärt werden.

Die Achslasten sind massgebend. Beim Bahntransport ist beachten, dass die Fracht nebst dem Gesamtgewicht ebenfalls Einschränkungen bezüglich Höhe und Breite unterliegt.



Abbildung: Transportfahrzeug mit Kabeltrommel auf Spezialplattform, Achse in Fahrtrichtung transportiert (Quelle: Fa. Wassermann Kabeltechnik)

4.2 Nutzraum für die Kabelanlage

Die vorgegebenen Anordnungsmöglichkeiten und der verfügbare nutzbare Raum setzen der Gestaltungsmöglichkeit eines Kabelprojektes für Stromleitungen weit engere Grenzen, als wenn im freien Feld geplant wird. Die zu erzielende Stromtragfähigkeit ist auf die geometrischen Randbedingungen abzustimmen.

Bei schon baulich vorbereiteten Kabelrohrblöcken sind die Voraussetzungen (Querschnittsfläche, Anzahl mögliche Kabel, Überdeckungen) vorgegeben, so dass die Stromtragfähigkeit bzw. die Übertragungsleistung der Kabelanlage nur noch in beschränktem Masse beeinflusst werden kann, z.B. durch grössere Leiterquerschnitte, Verfüllung der Kabelschutzrohre.

Bei der Anordnung B, Bahn, beschränkt sich der Raum für die Kabelanlagen auf die Bankette rechts und links der Fahrbahn, da Bodenkanäle im Brandfall weniger gefährdet sind als Wandkanäle. Je nach Profil des Tunnels (Einspur- oder Doppelspur, Ausbaugeschwindigkeit) können die Bankettquerschnitte unterschiedlich gross sein. Konkurrenzierend (u.U. in höherer Priorisierung) befinden sich dort auch Kabelschutzrohre für die Energie- und Prozesskabel des Tunnels. Reicht die Grösse der Bankette für alle Ansprüche nicht aus, müsste der Ausbruchdurchmesser vergrössert werden, was zu einem sprunghaften Anstieg der Baukosten führen würde.

4.3 Schutz der Ausrüstungen, Verkehrsteilnehmer und Arbeitnehmer

Es gilt zu berücksichtigen, dass die Trägerinfrastrukturen elektrotechnische Ausrüstungen und bauliche Elemente der Sicherheitseinrichtungen für die Selbstrettungsmassnahmen aufweisen, welche durch die Kabelanlage (Übertragungsleitung) weder durch den Platzanspruch noch durch elektromagnetische Felder in der Funktion beeinträchtigt werden dürfen.

Im Weiteren werden die Trägerinfrastrukturen von Bahnpassagieren resp. Fahrzeuglenkern benutzt. In der Schweiz fällt dabei der Aufenthalt auf der Strasse oder in einem Zug nach der Vollzugshilfe zur NISV bei Hochspannungsleitungen unter den Begriff «Ort für den kurzfristigen Aufenthalt» (OKA). Es ist überall dort, wo sich Menschen aufhalten können, der

NISV-Immissionsgrenzwert von 100 μT einzuhalten. Bei Arbeiten in der Nähe von Kabelanlagen ist der Grenzwert von 500 μT der Suva (Schweizerischer Unfallversicherer) einzuhalten. Dies gilt ausschliesslich für Mitarbeiter der nationalen Netzgesellschaft (Swissgrid) sowie deren Beauftragte, die nicht der NISV unterstehen. Für anderweitiges Arbeitspersonal, wie jene des Betreibers der Trägerinfrastruktur, gilt dagegen der strengere Immissionsgrenzwert.

4.4 Risikoveränderungen durch Bündelung

Bei der Bündelung verändert sich die Eintretenswahrscheinlichkeit der Szenarien nicht, aber das Risiko erhöht sich leicht, weil das Schadensausmass etwas grösser wird. Massgebend sind die Szenarien «Kollision» und «Brand» in einem Tunnel bei der Bündelung mit der Strasse. Dieselben Szenarien bei der Bündelung mit der Bahn weisen analoge Unterschiede auf, aber mit jeweils deutlich tieferem Risiko. Dies gilt auch für die anderen massgebenden Risiken wie «Erdbeben» und «Hochwasser». Die Risiken bleiben für alle Szenarien auf einem tiefen Risikoniveau. Die Risiken gehen hauptsächlich von den Trägerinfrastrukturen und nicht von der Übertragungsleitung aus (Anprall / Kollision und Brand in Strassentunneln). Aus Sicht der Sicherheit sind die Anordnung A mit einem Werkleitungskanal und die Anordnungen D und F günstiger zu beurteilen als die anderen. Die Risiken der oben genannten Szenarien für den ungebündelten und gebündelten Fall sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

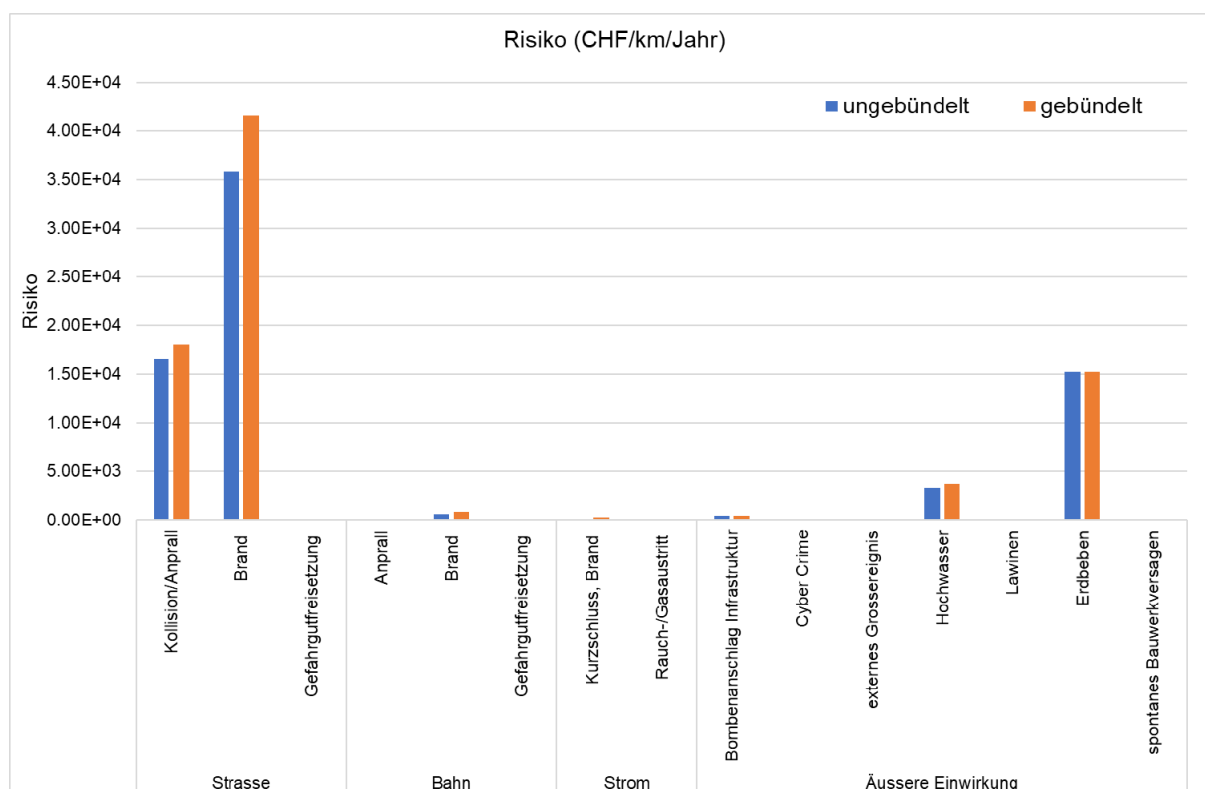


Abbildung: Risiko der betrachteten Szenarien (monetarisiert, normiert auf 1 km Länge, pro Jahr)

5 Anforderungen bei der Bündelung

5.1 Vorauszusetzende Verhältnisse

Die Bündelung ist grundsätzlich einer alternativen Lösung vorzuziehen, wenn sie aus der Anwendung des BFE-Bewertungsschemas für Übertragungsleitungen, z.B. im Rahmen eines Sachplanverfahrens, als beste Variante beurteilt wird. Dies ist der Fall, wenn die darin zu Grunde gelegten Kriterien der Pfeiler „Raumentwicklung“, „Umweltschonung“, „technische Aspekte“ und „Wirtschaftlichkeit“ insgesamt am besten bewertet werden.

Dabei vorauszusetzen ist, dass sich die Bündelung von Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen an den folgenden Grundanforderungen orientiert:

- Risiken aus der Bündelung liegen im akzeptierbaren Bereich und lassen sich minimieren.
- Gegenseitige Behinderungen durch die Bündelung lassen sich reduzieren.
- Gegenüber einer ungebündelten Verkabelung lassen sich durch Synergie-Effekte Kosten einsparen.
- Umweltverträglichkeit ist u.a. durch die haushälterische Bodennutzung gewährleistet, auch unter Berücksichtigung des Anschlusses an das bestehende Freileitungs-Übertragungsnetz.

Ob sich das Ziel der haushälterischen Bodennutzung vollkommen erreichen lässt, hängt davon ab, ob eine vorhandene Trägerinfrastruktur mehrfach genutzt werden kann (sogenannte multifunktionale Nutzung) oder ob es sich höchstens um eine Parallelführung handelt (Bündelung).

5.2 Bautechnische Anforderungen

Die bautechnischen Anordnungen sind vielfältig und oft abhängig von den spezifischen Anforderungen der jeweiligen baulichen Ausführung. Es wird an dieser Stelle auf die UVEK-Studie «Klärung von Grundsatzfragen für die Bündelung von Übertragungsleitungen mit Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen» verwiesen (Kapitel 5.2 in dieser Studie sowie die dazugehörigen Merkblätter). Allgemein bestehen Anforderungen in den folgenden Bereichen: Brandverhalten der Kabel, Verlegung von Kabelleitungen, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und Erdung und Potentialausgleich. Dazu werden Anforderungen zu den folgenden Aspekten gestellt:

Bei einer Verlegung in Kabelrohrblöcken in Tunnels und auf offenen Strecken: Lage und Anordnung der Kabel, Wärmeabfuhr, Kabellogistik, Anordnung der Muffenverbindungen und Schutz der Tunnels vor Kabelbränden / Muffenexplosionen sowie Schutz der Kabelleitungen vor Beschädigungen.

Bei Tunnels mit Werkleitungskanälen und Sicherheitsstollen: Zugang und Fluchtwege, Fluchtweglängen, Bauliche Trennung von Kabelanlagen des Betreibers der Trägerinfrastruktur und der Übertragungsleitung, Lichtraumprofil bei offen verlegten Kabeln

in Kanälen/Stollen mit oder ohne Tunnel-Selbstrettungsfunktion, Abstände zur Einhaltung der NISV-Grenzwerte bei Verlegung in der Sohle, Lüftung und Brandabschnitte.

Bei Brücken: Schutz der Kabelleitungen vor Beschädigungen (Längenausdehnungen, Naturgefahren) sowie Schutz der Brückeneinrichtungen vor Kabelbränden / Muffenexplosionen.

5.3 Anforderungen an Betrieb und Unterhalt

In der Regel wird die «Infrastrukturhoheit» beim Betreiber der Trägerinfrastruktur (Bahn / Strasse) verbleiben. Mit der Bündelung verleiht der Betreiber der Trägerinfrastruktur dem Mitbenützer jedoch das Recht, eine Kabelanlage einzubauen, zu betreiben, zu erneuern und zu ersetzen. Ähnlich wie mit einem Mobilfunkbetreiber muss eine Betriebsvereinbarung zwischen dem Betreiber der Trägerinfrastruktur und der nationalen Netzgesellschaft für die Übertragungsleitungen als Mitbenützer abgeschlossen werden.

Gemäss den gesetzlichen Vorgaben müssen Betriebsinhaber ihre Starkstromanlagen dauernd instandhalten und periodisch reinigen und kontrollieren oder diese Arbeiten durch Dritte ausführen lassen. Die nationale Netzgesellschaft für die Übertragungsleitungen als Betriebsinhaber muss gestützt darauf zu jeder Zeit im Rahmen und nach Dringlichkeit der Arbeiten Zugang zu ihrer Infrastruktur haben.

Aus den oben genannten Gründen ist es zwingend notwendig, dass es bei einer Bündelung eine partnerschaftliche Betriebsvereinbarung braucht, in welcher der Betrieb, die Wartung und der Unterhalt auf derselben Augenhöhe geregelt werden. Dazu sind Pläne zur Ereignisbewältigung vorzubereiten, was bei einem Pannenfall/Schadenfall / grossem Ereignis in der einen oder anderen Infrastruktur zu tun ist.

Die Planung der Wartungs- und Unterhaltsarbeiten innerhalb des Bündelungsabschnitts müssen gemeinsam und mit Ausrichtung auf die einzelnen Substanzerhaltungs- und Instandhaltungsprogramme erfolgen, wobei den unterschiedlichen Unterhaltszyklen Rechnung zu tragen ist. Für die Aufnahme von kurz- oder mittelfristigen Unterhaltsbedürfnisse, die sich aus einer periodischen Zustandsbeurteilung ergeben, muss im gemeinsamen Unterhaltsprogramm ausreichend Flexibilität offengelassen werden.

Für das Arbeiten in der Nähe der Höchstspannungskabel ist ein projektspezifisches Arbeitssicherheitskonzept notwendig. Darin ist u.a. zu regeln, unter welchen Bedingungen der Betreiber der Trägerinfrastruktur an den eigenen ausgeschalteten Energie- / Prozesskabel arbeiten darf, wenn parallel dazu die Höchstspannungsleitung eingeschaltet ist.

6 Folgerungen zur Realisierbarkeit der Bündelung

6.1 Machbarkeit der Bündelung

Unter Einhaltung der in dieser Studie ermittelten Anforderungen ist die Bündelung von Bahn- und Strasseninfrastrukturbauten mit 380 kV-Hochspannungskabeln technisch machbar. Für die heute üblichen baulichen Randbedingungen der Trägerinfrastrukturen sollten sich die Immissionsgrenzwerte für die meisten Anordnungen im Normalbetrieb einhalten lassen.

Es ist jedoch zu differenzieren. Nicht alle Anordnungen weisen dieselbe Eignung für eine Bündelung bzw. multifunktionale Nutzung auf, zumindest für Höchstspannungen bis 380 kV. Zudem ist, von einer Ausnahme abgesehen, die Realisierung nur denkbar, wenn beide Infrastrukturen gleichzeitig neu gebaut werden oder wenn die Trägerinfrastruktur einer Gesamtsanierung unterzogen wird. Der letztere Fall gilt dabei eher für die Nationalstrasse als für Eisenbahnstrecken, Tunnelanierungen eingeschlossen.

- Eine gute Voraussetzung bietet in diesem Sinne die Anordnung A bei Strassenprojekten. Bei dieser Anordnung stehen mehrere Varianten offen. Vorzugsweise ist aber die Anordnung in einem Werkleitungskanal zu nennen.
- Eine gute Voraussetzung bietet auch die Anordnung D, Strasse oder Bahn, wenn der Querschnitt in einer frühen Planungsphase mitgestaltet werden kann.
- Die Anordnung B, Bahn, muss im Einzelfall geprüft werden, hängt der nutzbare Raum doch sehr stark vom Profil und vom Querschnitt ab. Die Anordnung hat in der Tendenz das Potential, Leitungen der tieferen Netzebene zu bündeln, wie dies mit der bahneigenen 132 kV-Bahnstromleitungen, soweit im Rahmen der Resonanzproblematik möglich, bereits Usanz ist.
- Die Anordnung E erscheint, technisch gesehen, verhältnismässig einfach umsetzbar. Das Trasse der Nationalstrasse hat als Band, das den Raum mit rund 25 m Breite durchschneidet, generell ein hohes Bündelungspotential. Die Hindernisse liegen vielmehr in der Vereinbarkeit mit den Anforderungen der Nationalstrassen.
- Mit der Anordnung F können Hindernisse umgangen werden. Der bauliche Aufwand steigt jedoch stark an, wenn der Kabelrohrblock in eine Böschung zu liegen kommt (Dämme, Einschnitte).
- Die Anordnung G, Bahn oder Strasse, muss im Einzelfall geprüft, sind doch Brückenvielfalt und Anordnungsvarianten gross. Die Voraussetzungen sind grundsätzlich vorhanden.

Das Ziel der haushälterischen Bodennutzung lässt sich nur erreichen, wenn eine schon vorhandene Trägerinfrastruktur mehrfach genutzt werden kann (wie bei der multifunktionalen Nutzung). Wird die Kabelleitung stattdessen parallel, jedoch ausserhalb des Nationalstrassen- oder Eisenbahnareals geführt, so wird die Zielerfüllung abgeschwächt.

6.2 Koordination der Planung und der Ausführung

Eine frühzeitige Abstimmung des Planungsprozesses ist ein zentrales Element für die erfolgreiche Realisierung einer Bündelung. Für die erfolgreiche Realisierung von Bündelungsprojekten braucht es gegenseitige Absichtserklärungen und eine zeitliche Abstimmung der Projekte. Bündelungsprojekte sollten durch die beiden betroffenen Infrastrukturbetreiber zeitlich abgestimmt, d.h. möglichst parallel bearbeitet werden und der Detaillierungsgrad in der Bearbeitung sollte für das Stromprojekt möglichst gleich sein wie für das Projekt der Verkehrsinfrastruktur.

Tabelle: Empfohlener Planungsablauf bei multifunktionaler Nutzung

Projektphase	Zentrale Leistungen	Zuständigkeit	
		Trägerinfrastruktur	Netzgesellschaft
Studie	– Variantenstudium zur Technologie der Stromübertragung		X
Vorprojekt	– Definition der Systemanforderungen der Stromübertragungsaufgabe		X
	– Vordimensionierung Bauwerksprofil / bauliche Elemente	X	X
	– Erstellen von generellen Konzepten zur Lüftung / Kühlung, Erdung und Potentialausgleich, Sicherheit / Brandschutz, Kabellogistik	X	X
	– Anschluss an das Freileitungsnetz	X	X
Bau- und Auflageprojekt	– Elektrotechnische Dimensionierungen		X
	– Bauliche Dimensionierungen	X	
	– Koordination an Schnittstellen, wie Kabellogistik, Lüftung	X	X
	– Lüftungsauslegung allgemein	X	
	– Lüftungsauslegung für WELK der Stromübertragung bzw. Kühlung von Kabelleitungen		X
	– Berechnungen und Nachweise betreffend Erdung- und Potentialausgleich	X	X
	– Baulogistik inkl. der Kabellogistik		

7 Anpassungsbedarf

7.1 Bei Gesetzen / Verordnungen

Bezüglich der Bündelung von Infrastrukturen fehlen in einzelnen Bereichen (z.B. Prüfung von konkreten Bündelungsprojekten, Verpflichtung zur Koordination der Planung, Regelung der Kostenträgerschaft allfälliger Vorfinanzierungen und Mehrkosten) gesetzliche Regelungen. Mittels regulatorischer Anpassungen der entsprechenden Gesetze könnte die Bündelung der Infrastrukturen gefördert werden.

7.2 Bei technischen Regelwerken

Des Weiteren wurde Handlungsbedarf auf der Ebene der technischen Regelwerke festgestellt, bei welchen in den Überlappungsbereichen der Geltungsbereich von einzelnen Regelwerken klarer festgelegt werden sollte. Bisher fiel diesem Umstand keine Bedeutung zu, weil noch kaum multifunktionale Nutzungen zwischen Nationalstrassen oder Eisenbahnstrecken und Übertragungsleitungen in die Realität umgesetzt wurden. Dazu ist zu notieren, dass die jeweiligen Regelungen einzig auf die strassen- oder bahneigenen Kabelanwendungen zielen, wie z.B. auf das Bahnstromübertragungsnetz 132 kV, aber nicht auf Übertragungsleitungen 50 Hertz.

Literatur

[1] Multifunktionale Nationalstrassen zur Entlastung der Landschaft, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats 08.3017, Rudolf Rechsteiner, Bern, 21. Juni 2017

Die Studie «Klärung von Grundsatzfragen für die Bündelung von Übertragungsleitungen mit Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen» wurde mit Unterstützung durch EBP Schweiz unter Leitung des Bundesamts für Energie (BFE) erstellt. Mitgewirkt haben die Bundesämter für Raumentwicklung (ARE), Strassen (ASTRA), Verkehr (BAV), das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI), die nationale Netzgesellschaft Swissgrid und die SBB. Zur Klärung verfahrensrechtlicher Fragen im Bewilligungsprozess bei Bündelung von Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen hat eine UVEK-interne Arbeitsgruppe ergänzend den Bericht «Verfahrensrechtliche Fragen bei der Bewilligung von multifunktionalen Infrastrukturen» erarbeitet.

Anmerkungen:

- Die vorliegende Langfassung zeigt Erkenntnisse zur erwähnten Studie mit Stand Januar 2019 auf.
- Die Publikation der finalen Berichte zur Studie ist geplant für Februar 2019.