

POSITIONSPAPIER

Initiative Energietrassenbau

Infrastruktur intelligent unter die Erde

FREILEITUNG ↔ ERDKABEL



Nicht ideologisch entscheiden – besser vergleichen, besser bauen.

Kabel unter die Erde. Kosten runter. Infrastruktur besser bauen.

Für einen resilienten, wirtschaftlich optimierten und gesellschaftlich tragfähigen Netzausbau – mit einem konsequent weiterentwickelten Erdkabelbau als strategischem Zielbild.

Prof. Dr.-Ing. Alexander Lange

Professor für Baubetrieb · Hochschule Karlsruhe
Initiative Energietrassenbau

Die Initiative ist unabhängig und keine Auftragsstudie. Sie wurde von Prof. Dr.-Ing. Alexander Lange (HKA) initiiert und geleitet; die Studie entstand im fachlichen Austausch mit Prof. Dr.-Ing. Konrad Nübel (TUM) und weiteren Fachleuten aus Industrie und Forschung

Version 5.0, Stand 11.09.2026

Zur vorliegenden textlichen Ausarbeitung gehört auch die Ergebnispräsentation des Positionspapiers „Initiative Energietrassenbau“, Version 5.0, vom 11.09.2026.

Kurzfassung: Die Debatte beginnt an der falschen Stelle

Deutschland braucht neue Energietrassen – schnell, bezahlbar und resilient. Darüber besteht kein Streit. Strittig ist, wie diese Infrastruktur gebaut wird. Für neue HGÜ-Verbindungen ist bisher der Erdkabelvorrang gesetzlich in § 3 BBPlG verankert. Nun soll mit dem Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Bundesbedarfsplangesetzes der Weg zurück zur Freileitung geöffnet werden. Zentrales Argument: die vermeintlich niedrigeren Investitionskosten.

Genau hier setzt dieses Positionspapier an – und dreht die Reihenfolge der Debatte um. Bevor Deutschland das Erdkabel politisch aufgibt, muss es dessen bislang ungenutzte Produktivitätspotenziale heben. Dann ist ein fairer Vergleich mit der Freileitung möglich, wobei neben Investitionskosten auch langfristige Vergleichskriterien zu berücksichtigen sind, die in bisherigen Positionspapieren von Netzbetreibern oder Interessensverbänden kaum bewertet wurden. Dazu zählt die Auswirkung für die ganze Bevölkerung im Blick auf Landschaftsbildveränderung, Sicherheit, Bodenrichtwerte, Kosten und Zeit für Um- und Neuplanung, Wartung und Reparaturen. Die Gesetzesentscheidung legt fest, wie Deutschland sicher und wirtschaftlich mit Strom versorgt werden soll und wie die Lebensräume und Flächen auch für zukünftige Generationen geprägt werden.

Zwei Fragen entscheiden über die Zukunft des Netzausbaus

Kernfrage 1: *Wie können die Kosten des HGÜ-Erdkabelbaus gegenüber den ersten Großprojekten um 20–30 % gesenkt werden?* Denn aktuell sind Erdkabelprojekte bei den direkten Investitionskosten um den Faktor 2-4 teurer als Freileitung [3].

Kernfrage 2: *Welche Auswirkungen hätte die gesetzliche Umstellung von Erdkabel- auf den Freileitungsbau?* Untersucht wird dies am Beispiel SuedWestLink (DC42/DC42plus, 730 km) anhand von fünf Kriterien: Sicht-Landschaftsveränderung, Veränderung der Bodenrichtwerte, Sicherheit/Resilienz, Bauzeiten/Marktkapazitäten und Kosten.

Unsere Position

Die Zukunft der Energietrassen liegt unter der Erde. Das gilt für neue HGÜ (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungen (320-380-325 kV)) – und perspektivisch auch für neue Wechselstrom-AC-Höchstspannungstrassen im 380-kV-Netz, die derzeit klassisch noch als Freileitungsbau ausgeführt werden.

Die Ergebnisse dieser Vergleichsstudie beider Varianten führen zur Positionierung für einen adaptierten Erdkabelbau.

Was daraus folgt als Positionierung:

- **Erstens:** Der geplante Technologiewechsel von Erdkabel zurück zur Freileitung bei neuen HGÜ-Verbindungen ist abzulehnen.
- **Zweitens:** Netzbetreiber, Industrie, Wissenschaft und Bund sollen ein gemeinsames Kosten-, Innovations- und Beschleunigungsprogramm für den Erdkabelbau aufsetzen.
- **Drittens:** Auch das Referenzprojekt DC42/DC42plus ist nicht mit pauschalen Kilometerpreisen, sondern anhand vollständiger Lebenszyklus-, Kapazitäts-, Akzeptanz- und Resilienz Kriterien zu bewerten. Dadurch wird ersichtlich, dass die Freileitung im Vergleich zum Erdkabel weniger gut abschneidet als bisher propagiert, signifikante Auswirkungen auf die Landschaft in Deutschland hat und die Kostenvorteile schrumpfen.
- **Viertens:** Auch für neue Wechselstrom-Höchstspannungstrassen (AC, 380 kV) ist ein adaptierter Erdkabelvorrang technisch und wirtschaftlich zu entwickeln und gesetzlich vorzusehen.

Die Leitthese

Der heutige Preis des Erdkabelbaus ist kein Naturgesetz. Er ist zu einem erheblichen Teil das Ergebnis eines noch nicht industrialisierten Produktionssystems: zu viele Schnittstellen, zu wenig Standardisierung, voneinander getrennte Planung und Ausführung, schwerfällige Genehmigungslogiken und unzureichendes projektübergreifendes Lernen. Wer diese Strukturkosten nicht zuerst angreift, vergleicht keine Technologien.

Zu berücksichtigen ist, dass der Freileitungsbau ein seit Jahrzehnten erprobter Prozess ist, der jedoch auch umstrittene langfristige Folgen für die Landschaft und Resilienzrisiken mit sich bringt. In Deutschland wurde mit der Erdverkabelung dagegen erst vor wenigen Jahren begonnen. In der öffentlichen Debatte wird dieser Aspekt oft vernachlässigt. Die noch bevorstehende Lernkurve bei der Erdverkabelung sowie die Kostensteigerungskurve im Freileitungsbau wegen Kapazitätsengpässen werden ausgeblendet. Doch es gibt viele Ansatzpunkte, wie in Zukunft die Kosten im Erdkabelbau gesenkt werden können.

Kapitel 1:

Kernfrage: Wie kann HGÜ-Erdkabelbau um 20–30 % günstiger werden?

Die ersten deutschen HGÜ-Erdkabelprojekte sind Pionierprojekte. Sie liefern unverzichtbare Erfahrungen, dürfen aber nicht zum unveränderlichen Kostenmaßstab der nächsten Jahre werden. Die Initiative stellt die Hypothese auf, dass sich die baubetrieblich beeinflussbaren Planungs- und Baukosten durch ein gebündeltes Maßnahmenprogramm um 20–30 % reduzieren lassen.

Der heutige Erdkabelpreis ist optimierungsfähig und kein Naturgesetz. Der Zielkorridor von 20–30 % ist eine zu belegenden Arbeitshypothese – kein bereits nachgewiesenes Einsparergebnis, basiert aber auf Projekterfahrungen und eigenen Analysen.

1. Verträge müssen Optimierung belohnen und innovativer mit Anreizen gestaltet werden

Kabeltechnik und Tiefbau dürfen nicht länger in getrennten Optimierungswelten arbeiten. Planung, Baufreiheit, Logistik, Kabelsystem und Bauausführung sind früher zusammenzuführen. Partnerschaftliche Vertragsmodelle, Zielkostenansätze und geteilte Produktivitätsgewinne müssen bessere Lösungen attraktiver machen als Schnittstellenverschiebung und Nachträge. Amprion hat bereits erste Erfahrungen und mutige Schritte mit A-Nord als IPA-Projekt dazu unternommen. In solchen Mehrparteienvertragssystemen geht es u.a. um Gesamtoptimierung und es können keine Behinderungsanzeigen und klassischen Nachträge gestellt werden. Die meisten anderen bisherigen Erdkabeltrassenbauprojekte basieren auf konventionellen Vertragsmodellen, wobei Nachträge und Behinderungen durch Auftragnehmer in Höhe von 20-40% als Zusatzkosten bei großen Infrastrukturprojekten (sowohl im Erdkabelbauprojekten als auch im Freileitungsbau) keine Seltenheit sind.

2. Planung verschlanken – konsequent KI für Standardplanungselemente und Datenanalyse einsetzen

Trassierung, Muffenstandorte, Querungen, Baulogistik und Baufreiheit sollten auf Basis der Erfahrungen aus SuedLink, A-Nord und weiteren Projekten datenbasiert vorgeprüft und bei Standardelementen wie z.B. wiederholenden Muffengruben zur Vorplanung genutzt werden. KI kann Varianten, Konflikte und Wiederholungsmuster früh erkennen und erste Lösungsansätze erstellen. Sie ersetzt nicht die Fachplanung; sie macht deren Entscheidungen schneller, konsistenter und lernfähig und verschlankt die aktuellen Planungskosten,

die im Vergleich zu anderen Großprojekten z.B. im Pipelinebau überdurchschnittlich hoch ausfallen (Faktor 5-10 höher als üblich).

3. Fräsen und Pflügen aus der Nische holen

Die offene Bauweise im Erdkabelbau darf nicht zum Standard werden, denn sie verursacht während der Bauphase große Schneisen, unter anderem durch das lagenweise Aufmieten von Bodenschichten und die Anlage von Baustraßen. Stattdessen sollten Fräs- und Pflugverfahren überall dort zum Regelverfahren entwickelt werden, wo es die Geologie, der Bodenschutz, das Kabelsystem und der Arbeitsschutz zulassen. Das bewirkt deutlich weniger Aushub, Transporte und Flächenbeanspruchung bei höherer Tagesleistung. Dazu gehört auch die konsequente Weiterentwicklung leistungsfähiger Erdkabelfräsen – z.B. eine „EKF 2.0“ – und ihre Einbindung in standardisierte Bauprozesse. Der von der Initiative vorgeschlagene Zielwert, kontinuierliche Fräsverfahren bei einem großen Anteil geeigneter Strecken einzusetzen, ist durch Pilotabschnitte technisch, ökologisch und wirtschaftlich zu validieren. Aus einem Ziel darf kein Dogma werden – aber aus dem heutigen Ausnahmeverfahren muss eine ernsthafte industrielle Option werden. Pflugvarianten werden in einfachen geologischen Anforderungen jetzt vermehrt z.B. bei Amprion eingesetzt. Erste Konzepte für spezifische Erdkabeltrassenfräsen in Schichtentrennung mit integriertem Leerrohreinzug und direkter Rückverfüllung in einem Zug sind von Netzbetreibern mit Baumaschinenherstellern in Erarbeitung und die Prototypenentwicklung könnte direkt beginnen.

4. Bodenschutz wirksam statt maximal bürokratisch organisieren

Anforderungen an Archäologie, Oberbodenabtrag, Schichtentrennung und Wiedereinbau sind notwendig, müssen aber risikobasiert und verhältnismäßig ausgestaltet werden. Der Vergleich mit tiefen landwirtschaftlichen Drainagefräsungen zeigt einen Prüfbedarf: Weshalb gelten bei ähnlichen linearen Eingriffen grundlegend unterschiedliche Verfahrenslogiken? Beispielsweise kann eine Drainagefräsung von 0,5m Breite x 2m Tiefe ohne archäologische Erkundung, ohne Umweltbegleitmaßnahmen und ohne Bodenschichttrennung gefräst werden, während ein Erdkabel von 0,3m Breite und 1,8m Tiefe sämtliche Anforderungen erfüllen muss. Gefordert ist keine pauschale Absenkung von Schutzstandards, sondern eine technisch belastbare Gleichbehandlung vergleichbarer Eingriffe und ein hochwertiger Wiederaufbau des Bodens.

5. Sonderbauweisen nur dort, wo sie wirklich notwendig sind

Horizontalbohrungen und andere geschlossene Verfahren sind unverzichtbar – aber nicht jede technisch mögliche Sonderlösung ist auch wirtschaftlich erforderlich. Beispielsweise sollten auch einfache Kreuzungen von Feldwegen statt durch Horizontalbohrungen durch schnellere und kostengünstigere Fräsverfahren unterbrochen werden dürfen. Ebenfalls führen bei schwierigen geologischen Gegebenheiten Sonderbauweisen wie Horizontalbohrverfahren zu höheren Kosten und längeren Bauzeiten. In einigen Erdkabeltrassenbauprojekten kommen verhältnismäßig viele Horizontalbohrungen zum Einsatz. Ein unabhängiges Planungs- und Bau-Vorabcheck-Team könnte prüfen, ob Querungen vereinfacht, verkürzt oder offen/gefräst/gepflügt ausgeführt werden können. Das Prinzip sollte lauten: Horizontalbohrverfahren nur dort wo nötig, nicht dort wo möglich.

6. Die Schnittstelle zur Horizontalbohrung und Muffengruben optimieren

Die Übergänge zwischen offener Bauweise, Fräse und Horizontalbohrung und Muffengruben verursachen Zeit, Umrüstungen Risiken und Mehrkosten. Allein im Projekt SWL werden über 400 Muffengruben entstehen, wo diese Schnittstellen effizient zu steuern sind. Hersteller, Bohrunternehmen, Kabeltechnik und Tiefbau sollten ein gemeinsames Innovationsprogramm starten, um diese Schnittstellen deutlich schneller und günstiger zu machen. Zielgröße: bis zu 20-30 % weniger Zeit- und Kostenaufwand an den wiederkehrenden Übergängen.

7. Kapazitäten von Montageteams (Kabelzug und Jointen) erhöhen als „Produktionslinien“ trainieren und steuern sowie schnellere Rückverfüllung der Muffengruben

Nicht nur der Tiefbau ist für den Takt entscheidend. Die Verfügbarkeit und Leistung der Muffen-, Kabelzug-, Montage-/Jointing- und Prüfteams muss separat geplant, qualifiziert und skaliert werden. Das Jointen wird von Kabellieferanten durchgeführt. Um Kapazitätsengpässe und Behinderungen zu reduzieren, sind hier mehr Personen für das Jointen der Kabel zu qualifizieren. Dabei spielt auch die Einbindung und Vergabestrategie der Netzbetreiber eine Rolle, d. h., es muss geklärt werden, inwiefern z. B. die Zusammenarbeit zwischen Tiefbau und Kabel gefördert oder entkoppelt wird, um einerseits keine Behinderungen entstehen zu lassen und andererseits Muffengruben nicht unnötig lange offen zu lassen, was kostenrelevante Auswirkungen durch Wasserhaltung und Rückbau nach sich ziehen würde.

8. Projektsteuerung auf das Notwendige zurückführen

Mehr Software, mehr Berichte und mehr Beratung bedeuten nicht automatisch mehr Steuerungsqualität. Benötigt werden wenige, durchgängige Daten, klare Entscheidungswege und ein Produktionscontrolling, das Abweichungen täglich sichtbar macht. Gesteuert werden muss, was den Baufluss verbessert – nicht, was sich zusätzlich dokumentieren oder verkaufen lässt. Netzbetreiber sollten schlanke eigene leistungsstarke und fachlich gute Steuerungsteams aufbauen, anstatt über große/viele externe Dienstleister Verträge zu managen.

9. Lean-Construction richtig einführen, um Planung, Baufreiheit und Bau mit LPM als Wertstrom zu steuern und getaktete Abläufe zu installieren

Mit Lean Construction, dem Last Planner System (LPS) und der anschließenden Taktplanung und -steuerung sollte die Trasse als lineare Produktionslinie organisiert werden, statt nach Projektphasen. Insbesondere eine kurzzyklische, integrierte Steuerung entlang der Trassenstruktur (Wertstrom) ist entscheidend, um auch die vielen Vorab-Gewerke, die vor dem eigentlichen Bau ausgeführt werden müssen, um die Baufreiheit zu erreichen, effizient zu koordinieren. Klassische Gantt-PM-Methoden dokumentieren im besten Fall softwaregestützt den Projektfortschritt, Verzögerungen und den kritischen Pfad. Sie führen jedoch in der Regel zu keiner effizienten terminlichen Projektumsetzung und -steuerung. Entscheidend ist nicht, ein „Lean“-Etikett zu verpassen, sondern fachlich-methodisch starke „Lean“-Moderation zu etablieren, um verbindliche Zusagen, stabile Übergaben, sichtbare Engpässe und kontinuierliche Verbesserung zu erreichen. Durch eine systematische Lean-Construction-Einführung und eine transparente Kennzahlensteuerung können Meilensteine, Kosten- und Projektziele besser eingehalten und optimiert werden.

10. Ein projektübergreifendes – Netzbetreiber-übergeordnetes Benchmark- und KVP-Team

Die Netzbetreiber sollten ein unabhängiges, übergeordnetes Team für Best Practices und Kostenbenchmarks einsetzen. Dieses Team muss Fehler, Störungen, Tagesleistungen und erfolgreiche Lösungen aus allen HGÜ-Projekten ohne Hochglanzfilter vergleichen. Echtes Lernen bedeutet, Worst Practices offenzulegen, Best Practices zu standardisieren und beides direkt verbindlich in die noch laufenden und nächsten Baustellen umzusetzen, also echte kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVPs) zu installieren.

11. Freileitung nur als eng begrenzte Ausnahme

Selbst in einem konsequent unterirdischen Zielbild können besondere topografische oder geologische Gegebenheiten sowie außergewöhnliche Querungen Einzelfalllösungen erforderlich machen. Eine oberirdische Teilstrecke sollte jedoch nur zugelassen werden, wenn eine transparente Prüfung nachweist, dass eine unterirdische Lösung technisch unverhältnismäßig wäre oder um ein Vielfaches teurer und langsamer wäre. Die Ausnahme „Freileitung“ ist dann zu begründen – nicht das Erdkabel. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Übergabestationen für einen solchen „Hybrid“-Abschnitt vergleichsweise teuer und platzintensiv sind. Daher könnte es sinnvoll sein, Freileitungen auf eine bestimmte maximale Anzahl von Fällen oder 5–10 % im jeweiligen Projekt zu begrenzen.

12. Kabel- & Kunststofflieferanten zur Innovation und Kostenreduzierung beitragen lassen

Auch die Hersteller von Kabeln und Kunststoffrohren sollten als Netzwerk umsetzbare Innovationsvorschläge liefern, um die Materialkosten oder Bauzeiten zu reduzieren (z. B. durch Integration in die Entwicklung von Erdkabel-Fräsen). Des Weiteren muss ein Serviceeinsatzplan zum Thema Versorgungssicherheit erstellt werden. Das heißt, es muss ein deutschlandweites Team für Notfälle wie Sabotage oder sonstige Beschädigungen aufgebaut und trainiert werden, um bundesweit Erdkabel innerhalb von 48 Stunden, perspektivisch innerhalb von 24 Stunden, reparieren zu können. Aktuell dauert es laut Kabelhersteller sieben Tage, um ein Kabel vollständig zu reparieren. Durch einen 48-Stunden-Notfalldienst werden Erdkabel auch zur wesentlich sichereren Lösung.

Durch eine gebündelte Umsetzung dieser 12 vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich Kosten im Erdkabeltrassenbau um 20-30 % reduzieren.

Kapitel 2: Kernfrage, Untersuchungsvergleich

Welche Auswirkungen hätte die gesetzliche Umstellung von Erdkabel- auf den Freileitungsbau?

Untersucht wird dies anhand von fünf Kriterien: Sicht-Landschaftsveränderung, Veränderung der Bodenrichtwerte, Sicherheit/Resilienz, Bauzeiten/Marktkapazitäten und Kosten. Das Großprojekt SuedWestLink (DC42/DC42plus) ist der geeignete Realitätscheck für die aktuelle politische Weichenstellung. Das Vorhaben verbindet Schleswig-Holstein mit Baden-Württemberg und Bayern, umfasst rund 730 km und ist mit 525-kV-HGÜ-Technik und einer Übertragungskapazität von insgesamt 4 GW vorgesehen. Der energiewirtschaftliche Bedarf wurde 2024 bestätigt; die Genehmigungsplanung wurde als Erdkabelprojekt begonnen. [1][2]

Die Frage lautet also nicht: Was kostet ein Kilometer Freileitung heute im Vergleich zu einem Kilometer Erdkabel? Vielmehr soll herausgefunden werden, welche Lösung für Deutschland über Planung, Bau, Betrieb und mehrere Generationen hinweg wirtschaftlich, resilient und gesellschaftlich tragfähig ist.

Leitgedanke

Es werden drei Zustände verglichen: (1) konventioneller Erdkabelbau, (2) ein um 20 % kostenoptimierter Erdkabelbau als Zielzustand der in Kapitel 1 beschriebenen Produktivitätshebel und (3) Freileitung unter Einbezug der folgenden Kriterien: Sichtbarkeit (Sicht- und Landschaftsveränderung sowie Bevölkerungsakzeptanz), Veränderung der Verkehrswerte von Bauland und Immobilien, Sicherheits- und Resilienzrisiken, baubetriebliche Kapazitäts- und Zeitkriterien sowie Umplanungskosten für den Technologiewechsel. Wo belastbare Projektdaten fehlen, werden Annahmen als Szenario gekennzeichnet.

Vier Kriterien, die in der politischen Debatte nicht an den Rand gehören

Kriterium	Erdkabel	Freileitung	Einordnung für SWL
Dauerhafte Landschaftsveränderung & Bevölkerungs-Akzeptanz	nach Rekultivierung weitgehend unsichtbar	dauerhaft sichtbare Mast- und Leiterseilstruktur	klarer struktureller Vorteil Erdkabel
Grundstücks-/Bodenwerte	Leitungsrecht und Bauphase relevant	zusätzlich dauerhafte visuelle Lagewirkung und Maststandorte	Freileitung mit höherem Wert- und Konfliktrisiko
Sicherheit & Resilienz	Strecke im Erdreich geschützt; Reparatur zB. anspruchsvoller	exponiert gegen Sturm, Brand und gezielte Einwirkung wie Sabotage; Reparatur oft leichter zugänglich	Vorteil Schutz Erdkabel, aber Notfallorganisation ausbauen
Bauzeit & Kapazitäten und Kosten	Tiefbau skalierbar; Kabel/Joining Engpässe	Mastmontage, Seilzug und erfahrene Bauleitung begrenzt	Technologiewechsel schafft kurzfristig neuen Engpass

Projektgrundlagen: 50Hertz/TransnetBW/BNNetzA; methodische Bewertung und Szenarioannahmen: Initiative Energietrassenbau.

A · Sichtbarkeit: Veränderung Landschaftsbild und gesellschaftliche Akzeptanz

Bei einer HGÜ-Freileitung ist die Wirkung nicht auf den Schutzstreifen begrenzt. Masten von etwa 75 bis 90 m Höhe – das entspricht einem 20-25 stöckigen Hochhaus – und die wiederkehrende Mastreihe prägen in offener Landschaft einen deutlich größeren visuellen Raum. Für die Szenariobetrachtung wird ein stark landschaftsprägender Korridor von 5 km je Trassenlänge angesetzt. Bei einer Trassenlänge von 730 km im Projekt SWL ergeben sich rechnerisch

7.300 km² – das entspricht rund 2 % der Fläche Deutschlands, die durch den Freileitungsbau eine stark wahrnehmbare, dauerhaft sichtprägende Veränderung erfahren würde. Diese Zahl stellt keine Flächeninanspruchnahme dar, sondern eine bewusst vereinfachte Abschätzung des Sichtkorridors.

Beim Erdkabel ist der Eingriff während der Bauphase erheblich und sichtbar. Nach der Rekultivierung verschwindet die Trasse in Agrarlandschaften jedoch weitgehend aus dem Horizont. In Waldgebieten bleiben Schneisen und Nutzungseinschränkungen dagegen in beiden Fällen erkennbar. Der Unterschied ist damit politisch relevant: temporärer baulicher Eingriff versus dauerhaft gebaute industrielle Sichtbarkeit.

Gesellschaftlicher Punkt

Infrastruktur wird nicht nur bilanziert, sondern erlebt. Eine Entscheidung für 70- bis 90-m-Mastreihen betrifft nicht nur unmittelbare Grundstückseigentümer, sondern dauerhaft den Landschaftseindruck ganzer Regionen. Wer diesen Effekt politisch ausblendet, unterschätzt Akzeptanzrisiken - und damit am Ende auch Termin- und Kostenrisiken.

Die prognostizierten Folgekosten der Sicht- und Landschaftsveränderung im Freileitungsbau durch Bevölkerungswiderstand (d. h. z. B. Bürgerinitiativen und dadurch erzwungene erneute Umplanungen des Freileitungsbaus zurück zum Erdkabelbau in urbanen Gegenden und dadurch hervorgerufene Verzögerungen) sind in einem Szenariokorridor für SWL mit 0,4 bis 1,1 Milliarden Mehrkosten beziffert (in der Kostenübersicht in Abbildung 1 ist hier 1 Mrd. angesetzt), die nicht nur in der Bauzeit, sondern auch über die Betriebsjahre hinweg entstehen. Diese Abschätzung basiert auf der Annahme, dass alle 10 km ein Streit- oder Behinderungsfall im Freileitungsbau mit Folgekosten von 5 bis 15 Mio. € je Fall auftritt.

Dieser Wert ist keine veröffentlichte SWL-Ist-Kostenzahl, sondern eine reale Risikoposition, die als Mehrkosten im Freileitungsbau im Vergleich zum Erdkabelbau zu betrachten ist.

B · Auswirkungen auf Verkehrswerte für Grundstücke und Immobilien: Wer trägt den Preis der Aussicht?

Bei Grundstücken spielt nicht nur die physische Inanspruchnahme eine Rolle. Auch Lage, Aussicht sowie die wahrgenommene technische Überprägung und Emissionen können den Marktpreis beeinflussen. Für das Projekt SWL wird deshalb eine äquivalente betroffene Wohn-/Baulandbreite von 50 m als Ausschnitt entlang der 730 km langen Trasse angenommen. Die 50 m bündeln rechnerisch die tatsächlich entlang eines viel breiteren Sichtkorridors verstreut vorhandenen Wohn-/Bauflächen. Daraus ergibt sich eine betroffene Verkehrswertfläche von 36,5 Mio. m². Bei einem modellhaften Bodenwert von 200 €/m² entspricht dies einem Bezugswert von 7,3 Mrd. €. Bei einer angenommenen Wertminderung von 10 % resultiert ein Risikowert von rund 0,73 Mrd. €.

Diese 730 Millionen Euro sind ausdrücklich keine Prognose eines Gutachterausschusses und stellen keinen flächendeckend nachgewiesenen Marktwertverlust dar. Sie stellen eine transparente Sensitivitätsrechnung dar: Ändert man die betroffene Baulandbreite, den Bodenwert oder den Minderungsfaktor, so ändert sich das Ergebnis proportional. Genau deshalb gehört dieser Effekt in die Diskussion – nicht als behauptete Gewissheit, sondern als bislang zu wenig bepreistes Verteilungsrisiko, das von den Eigentümern zu tragen ist und für das es in der Regel keine Entschädigung durch den Netzbetreiber gibt.

Die politische Verteilungsfrage

Wenn eine Freileitung volkswirtschaftlich günstiger erscheint, ein Teil ihrer Folgekosten aber als Wertverlust bei privaten Eigentümern verbleibt, ist die Rechnung unvollständig. Kosten verschwinden nicht dadurch, dass sie nicht auf der Projektbilanz des Netzbetreibers stehen.

C · Sicherheit und Resilienz: Sichtbarkeit ist auch Verwundbarkeit

Beide Systeme sind stör- und angreifbar. Der Unterschied liegt in der Exposition. Freileitungen besitzen über Hunderte Kilometer hinweg sichtbare und zugängliche Maste, Leiterseile und Isolatoren. Erdkabel verlagern den überwiegenden Teil der Strecke in den Boden. Kritische Punkte sind hier insbesondere Muffen, Übergangsbauwerke und Konverterstationen. Dafür ist die Ortung eines Schadens und die Reparatur eines Kabelsystems technisch anspruchsvoller.

Die Resilienzkosten werden für die 730 km lange Referenztrasse SuedWestLink über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren in zwei Teilrechnungen (Teil A: Gefahren aus Naturereignissen und Sabotage; Teil B: Kriegsszenario) abgeschätzt.

Teil A: Naturereignisse und Sabotage

Das Erdkabel ist durch seine Erdüberdeckung gegenüber Naturereignissen und gezielten Angriffen geschützt. Die Freileitung bietet dagegen Vorteile bei der Sichtprüfung, der Schadenserkenkung und dem Reparaturzugang.

Gefahr	Freileitung	Erdkabel
Brand	Leiterseile, Isolatoren, Maste und Vegetation exponiert	Streckenkabel weitgehend geschützt; Bauwerke bleiben relevant
Sturm	direkte Wind-/Eislast, Bäume, fliegende Gegenstände	Streckenkabel weitgehend geschützt
Hochwasser	Fundamente, Zufahrten und Stationen betroffen, Fundamentfreispülung möglich	Erosion/Freispülung der Bauwerke möglich
Sabotage	viele sichtbare Angriffspunkte dauerhafte einfache Verletzbarkeit der Infrastruktur	Strecke weniger sichtbar und geschützt; erfolgreiche Schäden können aufwendiger zu reparieren sein

Die Szenariovergleichsrechnung Teil A für die Risiken Brand, Sturm, Hochwasser und Sabotage ergibt über einen Zeitraum von 30 Jahren **zusätzliche Risikokosten in Höhe von 661 Mio. € für Freileitungen** im Vergleich zu Erdkabeln.

Teil B: Kriegsszenario

Hierfür wird in der Szenarioberechnung die gleiche Ausfalldauer für beide Technologien bewusst angesetzt. Im Kriegsfall können Stahlmaste, Leiterseile, Fundamente, Großgeräte und Spezialkolonnen nicht kurzfristig und unbegrenzt verfügbar sein. Der zentrale Unterschied liegt daher nicht in der Reparaturdauer, sondern in der Angriffs- und Schadensexposition: Freileitungsmasten und Leiterseile sind über Hunderte Kilometer hinweg sichtbar, leicht zu lokalisieren und vergleichsweise gut zugänglich. Erdkabel sind wesentlich weniger exponiert, ihre Reparatur ist im Einzelfall jedoch aufwendiger und teurer. Die berechneten Risikokosten für Freileitung liegen bei 1,175 Mrd. €, für Erdkabel bei 0,175 Mrd. €. Somit ergeben sich Risikokosten für Freileitung, die um **1,0 Mrd. € höher sind**. Die detaillierten Berechnungserklärungen sind in Anhang A4 dargestellt.

Damit ergibt sich aus Teil A und B eine rechnerische Gesamtdifferenz von 1,661 Mrd. €, wobei in Abbildung 1 ein konservativ angesetzter **Resilienz-Zuschlag von 1,5 Mrd. € für Freileitungen** berücksichtigt wird.

Das Resilienz-Szenario ist als Screening zu verstehen und stellt keine versicherungsmathematisch kalibrierte Prognose dar. Es zeigt jedoch eine klare Tendenz: Der Schutz im Erdreich reduziert die Exposition der Strecke und erhöht die Sicherheit. Die Schwäche des Erdkabels – aufwendigere Reparaturen – ist organisatorisch adressierbar. Dazu ist ein bundesweites 24/48-h-Depannage-Konzept mit Ersatzteilen, geschulten Jointing-Teams und vorgeplanten Einsatzketten erforderlich. Resilienz ist somit nicht nur eine Eigenschaft des Bauteils, sondern auch eine Frage der Organisation.

Mehr als Technik

Für die Bevölkerung hat Versorgungssicherheit eine emotionale Dimension: Das Gefühl, dass kritische Infrastruktur geschützt und im Störfall beherrschbar ist. In einer Zeit, in der Drohnen- und Sabotagerisiken realer Teil europäischer Sicherheitsplanung sind, darf dieser Aspekt nicht erst nach dem Bau bewertet werden.

D · Marktkapazitäten, Preissteigerungen und Kosten für Technologiewechsel

Die Aussage „Freileitung ist schneller gebaut“ trifft zwar auf eine Einzelbaustelle häufig zu, für ein bundesweites Ausbauprogramm greift sie jedoch zu kurz. Entscheidend ist der Engpass der gesamten Produktionskette. Im Freileitungsbau betrifft dies vor allem die Mastmontage, den Seilzug, erfahrene Projektleitungen und präqualifizierte Höchstspannungsunternehmen. Beim Erdkabelbau sind es die Kabelproduktion, das Jointing, Spezialbohrverfahren und die koordinierte Baufreiheit.

Für das Jahr 2027 wird die verfügbare Marktkapazität in Deutschland und Europa auf rund 450 Trassen-km/Jahr für HGÜ-/AC-Freileitungen und auf rund 650 km/Jahr für Erdkabel geschätzt. Eine Umstellung weiterer DC-Projekte auf Freileitung würde zusätzliche Kapazitäten erfordern, obwohl diese bereits durch den AC-Netzausbau weitgehend gebunden sind. Es entsteht ein neues Engpassprinzip: Der Technologiewechsel kann gerade dort zu Kapazitätsknappheit, Preisauftrieb und Verzögerungen führen, wo politische Beschleunigung erwartet wird.

Das heißt, die bestehenden, bereits eingepreisten Kapazitätsengpässe des Erdkabelbaus verlagern sich auf den Freileitungsbau. Die zusätzliche Nachfrage trifft dort auf bereits ausgelastete und kurzfristig kaum skalierbare Ressourcen, insbesondere bei der Mastmontage, dem Seilzug, der erfahrenen Bauleitung und den präqualifizierten Unternehmen. Weniger Wettbewerb, steigende Personal-, Geräte- und Nachunternehmerkosten sowie höhere Risikozuschläge lassen deutliche Preissteigerungen und weitere Verzögerungen erwarten. Für die Szenariorechnung wird daher ein **Kapazitäts- und Marktzuschlag für Preissteigerungen von 30 % angesetzt, was bei SWL 1,2 Mrd. €** Mehrkosten für Freileitung entspricht. Dieser Zuschlag ist eine begründete Szenarioannahme, jedoch keine empirisch belegte Kostensteigerung.

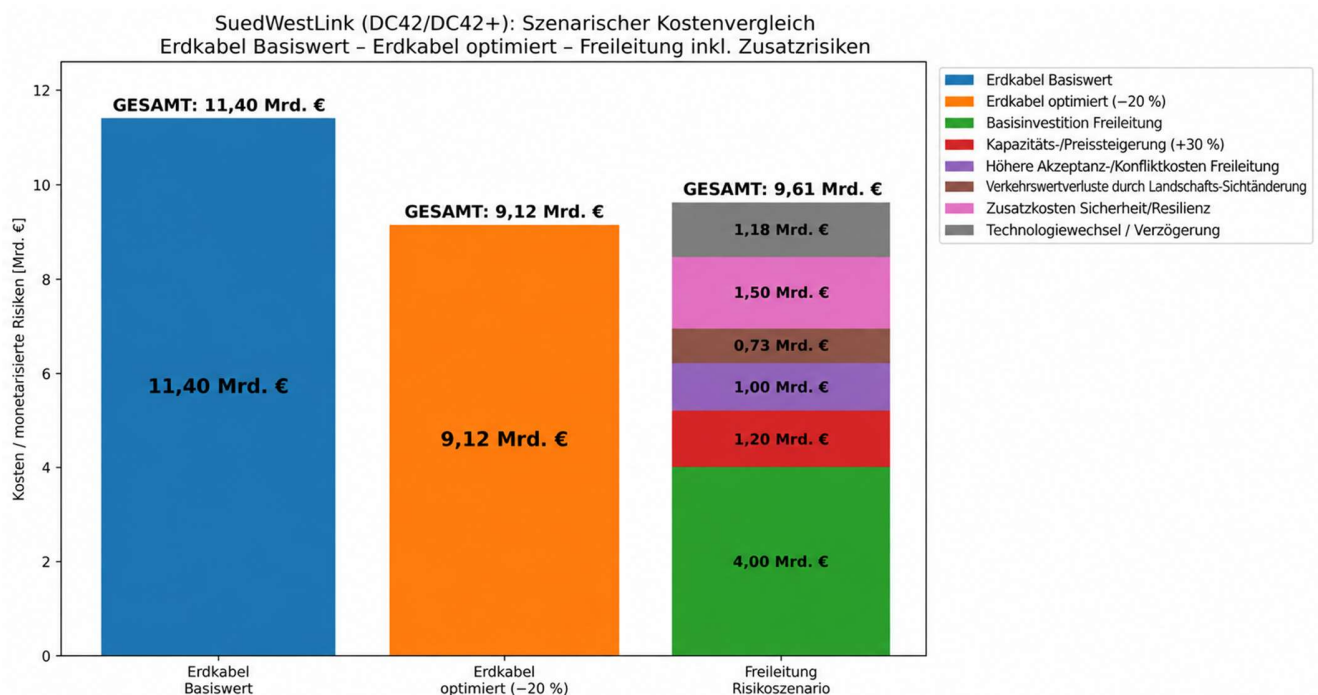
Hinzu kommt der fortgeschrittene Planungsstand. **Ein Technologiewechsel ist ein erheblicher Kosten- und Zeitfaktor:** Bereits erbrachte Planungsleistungen werden teilweise entwertet, es sind Neuplanungen erforderlich und die Inbetriebnahme verzögert sich – mit zusätzlichen Redispatch-Kosten. Laut Frontier Economics/ef.Ruhr/Görg würde der Wechsel bei DC42/DC42plus einen neuen rechtlichen Prozess auslösen und die Inbetriebnahme um vier bis sieben Jahre verzögern. Je Verzögerungsjahr werden zusätzliche Redispatch-Kosten von rund 180–190 Mio. € ausgewiesen.

Die Szenariorechnung setzt daher bei SWL als **Kosten für den Technologiewechsel 225 Mio. € Umplanungs- und Rework-Kosten** sowie **950 Mio. € für die Verzögerungsfolgen** an (fünf Jahre × 190 Mio. €). Insgesamt entstehen damit Zusatzkosten von rund **1,18 Mrd. €**.

E · Kostensynthese in Bezug auf, Erdkabel, Erdkabel-optimiert und Freileitung

Laut Frontier Economics belaufen sich die nicht diskontierten Investitionskosten für DC42/DC42plus auf 8,7 bis 14,1 Milliarden Euro für Erdkabel und 2,6 bis 5,4 Milliarden Euro für Freileitungen. In der folgenden Szenariografik werden die Mittelwerte von 11,4 Mrd. € bzw. 4,0 Mrd. € verwendet. Der optimierte Erdkabelwert von 9,12 Mrd. € ergibt sich aus einer pauschalen Reduktion um 20 % als Zielhypothese aus Kapitel 1.

Auf der Freileitungsseite werden die in dieser Untersuchung betrachteten Szenariopositionen zusätzlich berücksichtigt: ein höheres Kapazitäts-/Preisrisiko von +30 % (1,2 Mrd. €), Konflikt-/Umplanungskosten von 1 Mrd. €, Bodenwertrisiken von 0,73 Mrd. €, Resilienz-/Sicherheitsrisiken von 1,5 Mrd. € sowie Technologiewechsel-/Verzögerungskosten von 1,18 Mrd. €. Die in der Grafik zum Freileitungsbau hinzugezogenen Zusatzrisiken sind entweder Einzelkosten, die nur im Fall des Freileitungsbaus auftreten (z. B. Kosten für einen Technologiewechsel), oder höhere Differenzkosten im Vergleich zum Erdkabeltrassenbau (z. B. höhere Kosten für Klagen oder höhere Resilienzkosten im Freileitungsbau im Vergleich zum Erdkabelbau). Die Grafik zeigt, dass der optimierte Erdkabelbau unter Einbezug der Betrachtungskriterien kostenmäßig günstiger ist und sich auch unter Berücksichtigung eines Unsicherheitsbandes mit dem Freileitungsbau vergleichen lässt.



Basiswerte nach Frontier Economics (Mittelwerte der Bandbreiten). Optimierung und Zusatzrisiken sind Szenarioannahmen.

Abbildung 1: Szenarischer Kostenvergleich DC42/DC42plus. Basisinvestitionen nach Frontier Economics; Optimierung und Zusatzrisiken als Modellannahmen der Initiative.

Ergebnis der Szenarioanalyse:

Ein optimierter Erdkabelbau würde im Referenzprojekt 9,12 Mrd. € kosten, die Umsetzung als Freileitung inklusive der höheren Risiko- und Folgekosten würde 9,61 Mrd. € kosten. Damit läge das optimierte Erdkabel in diesem Szenario sogar um rund 0,49 Mrd. € unter der Freileitungsvariante. Auch unter Berücksichtigung eines Unsicherheitsbandes der langfristigen Prognose von ca. +/- 25 % zeigt die Szenarioberechnung, dass der Freileitungsbau unter Einbezug der betrachteten höheren Folgekosten auch seinen Kostenvorteil gegenüber einem optimierten Erdkabelbau verliert.

Abbildung 1 stellt zwar keine testierte Vollkostenrechnung dar, zeigt jedoch, wie schnell der groß propagierte Kostenvorteil der Freileitung schwindet, sobald neben den CAPEX auch die Kosten für Zeit, Kapazität, Akzeptanz, private Vermögenswirkungen und Resilienz berücksichtigt werden. Bemerkenswert ist zudem, dass Frontier selbst in einer 40-jährigen Netzkostenbetrachtung zu dem Ergebnis kommt, dass qualitative Aspekte wie Akzeptanz, Umweltwirkung und Resilienz für eine informierte Entscheidung wesentlich sind. Die hier entwickelte Rechnung geht einen Schritt weiter und quantifiziert die bislang qualitativ beschriebenen Wirkungen. Dadurch wird das

ursprüngliche wesentliche Argument des Kostenvorteils des Freileitungsbaus gegenüber dem Erdkabelbau für den Gesetzesänderungsentwurf entkräftet.

Position: Eine Infrastrukturentscheidung ist mehr als eine Beschaffungsentscheidung

Der SuedWestLink wird nicht für eine Legislaturperiode gebaut, ebenso wenig wie eine Änderung des Bundesbedarfsplanungsgesetzes. Der HGÜ-Netzausbau prägt Räume, Netzentgelte, Versorgungssicherheit und Akzeptanz über Jahrzehnte. Deshalb ist es fachlich zu kurz gegriffen, eine Rückkehr zur Freileitung primär mit heutigen Investitionskosten zu begründen.

Die Schlussfolgerung aus der vorliegenden Untersuchung ist klar: DC42/DC42plus sollte als Erdkabel weitergeplant und zugleich zum Demonstrator eines industrialisierten, deutlich günstigeren Erdkabelbaus gemacht werden. Nicht weil Erdkabel konfliktfrei oder günstig wären, sondern weil sie die Chance bieten, eine kritische Infrastruktur zu bauen, die nach Fertigstellung aus dem Alltag der Menschen weitgehend verschwindet, besser gegen äußere Einwirkungen geschützt ist und deren heute hohe Baukosten technisch und organisatorisch beeinflussbar sind.

Die politische Kernfrage

Es steht zur Debatte, wie eine Optimierung der aktuellen Projekt- und Bauzustände im Energietrasßenbau kostengünstiger stattfinden kann und zugleich wie eine bessere Infrastruktur für die kommenden 40 bis 80 Jahre geschaffen werden kann?

Deutschland sollte nicht zwischen Energiewende und Landschaft entscheiden müssen. Die Aufgabe lautet, die Energiewende so zu bauen, dass Kosten, Tempo, Sicherheit und Lebensqualität zusammenpassen. Zurückzurudern zu „alten scheinbar günstigeren kurzfristigen Lösungen“ wird der Zielsetzung nicht gerecht.

Schlussfolgerung aus Kapitel 1 und 2: Vier Konsequenzen für den Netzausbau

Kapitel 1 zeigt, dass die hohen heutigen Erdkabelkosten kein unveränderlicher Endzustand sein müssen. Kapitel 2 zeigt am SuedWestLink, dass der Vergleich mit der Freileitung breiter geführt werden muss als über Investitionskosten. Zusammen führen beide Untersuchungsstränge zurück zu den vier Ausgangspositionen dieses Papiers:

Erstens: Technologiewechsel von Erdkabel zurück zur Freileitung bei neuen HGÜ-Verbindungen ist abzulehnen.

Die Ergebnisse beider Kapitel sprechen gegen einen pauschalen Systemwechsel. Der heutige Kostenvorteil der Freileitung ist nicht vollständig, solange Umplanung, Marktkapazitäten, Akzeptanz, Landschaftswirkung und Resilienz nicht gleichwertig einbezogen werden. DC42/DC42plus zeigt exemplarisch, wie stark sich die Bewertung verändert, sobald nicht nur Euro pro Kilometer betrachtet werden.

Zweitens: Ein gemeinsames Kosten-, Innovations- und Beschleunigungsprogramm für den Erdkabelbau aufsetzen.

Netzbetreiber, Industrie, Bauunternehmen, Wissenschaft und Bund sollen, die in Kapitel 1 beschriebenen Hebel in einem verbindlichen Innovations-Umsetzungsprogramm bündeln. Ziel muss sein, die Kosten des HGÜ-Erdkabelbaus messbar um 20–30 % zu senken, Bauzeiten zu verkürzen und Lernkurven ÜNB- und projektübergreifend zu nutzen. Innovation darf nicht nur gefordert werden – sie muss bestellt, zugelassen, erarbeitet und vergütet werden.

Drittens: DC42/DC42plus nach vollständigen Lebenszyklus-, Kapazitäts-, Akzeptanz- und Resilienzkriterien bewerten.

SuedWestLink sollte als Referenzfall und Demonstrator dienen. Vor einer Technologieentscheidung sind neben Investitionskosten insbesondere Planungs- und Verzögerungsfolgen, verfügbare Baukapazitäten, Landschafts- und Grundstückswirkungen sowie Sicherheits- und Resilienz Aspekte transparent gegenüberzustellen. Eine Infrastrukturentscheidung dieser Größenordnung darf nicht auf einen pauschalen Kilometerpreis reduziert werden.

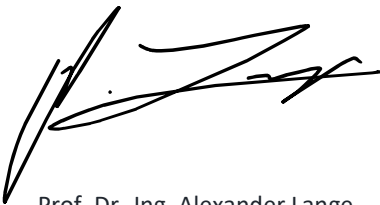
Viertens: Den Blick über HGÜ hinaus öffnen und einen adaptierten Erdkabelvorrang auch für neue 380-kV-AC-Trassen entwickeln. Die Initiative möchte nicht nur den bisherigen Vorrang von HGÜ-Erdkabeln verteidigen. Die Erkenntnisse aus den Kapiteln 1 und 2 sollten auch den Ausgangspunkt für ein Entwicklungsprogramm für neue Wechselstrom-Höchstspannungstrassen bilden. Dies entspricht auch einem internationalen Trend: Hochentwickelte Industrieländer wie Singapur verlegen alle AC-DC-Trassen unterirdisch. Dabei sind die technischen Unterschiede zwischen AC und DC zu beachten. Gerade deshalb sind Forschung, Pilotstrecken, neue Standards und ein regulatorischer Rahmen, der unterirdische Lösungen systematisch ermöglicht, notwendig.

Meine Vision ist ein Deutschland, in dem in 50 Jahren keine Hochspannungsleitungen mehr als Freileitungen das Landschaftsbild prägen. Die nächste Generation soll von einer sicheren, zuverlässigen und bezahlbaren Stromversorgung profitieren – und zugleich eine natürliche Landschaft erleben können, die ihr möglichst unversehrt hinterlassen wurde. (persönliche Vision des Verfassers)

Über den Initiator

Prof. Dr.-Ing. Alexander Lange ist Professor für Baubetrieb an der Hochschule Karlsruhe. Seine Schwerpunkte sind Bauverfahrenstechnik, Spezialtiefbau, Baustelleneinrichtung, Baulogistik, Baumaschinen sowie Lean Construction und baubetriebliche Optimierung. Seit 2019 begleitet er in Forschung, Beratung und Qualifizierung Großprojekte des Energietrasßenbaus im Erdkabel- und Freileitungsbau.

Karlsruhe, 11. September 2026



Prof. Dr.-Ing. Alexander Lange

Der Dank gilt allen, die in Bezug auf Inhalt, Vorgehen und Feedback bei der Initiative Energietrasßenbau mitgewirkt haben. Insbesondere waren dies Prof. Dr.-Ing. Konrad Nübel, Dr. Johannes Lis, Dr. Marc Peters, Christoph Hermes, Raphael Görner, Jörg Himmerich und Weitere.

Anhang · Herleitung der Kriterienbewertung

Der Anhang macht die Rechenlogik nachvollziehbar. Er trennt veröffentlichte Projekt-/Studienwerte von eigenen Modellannahmen. Die Modellwerte sind als Screening zu verstehen und sollen im nächsten Reifegrad mit Daten von ÜNB, Herstellern, Versicherern, Gutachterausschüssen und Genehmigungsbehörden kalibriert werden.

A1 · Sichtbarkeit / Landschaft

Ausgangspunkt ist eine SWL-Länge von rund 730 km. Aufgrund der stark landschaftsprägenden Wirkung wird ein vereinfachter Sichtkorridor von 5 km je Seite angesetzt. Die Rechnung lautet: $730 \text{ km} \times 10 \text{ km} = 7.300 \text{ km}^2$. Das entspricht rund zwei Prozent der deutschen Landesfläche. Diese Annahme beschreibt die Sichtwirkung, nicht die physische Flächeninanspruchnahme. Topografie, Bewaldung, Bebauung, Wetter und Mastgeometrie können die reale Sichtweite stark reduzieren. In offenem Gelände sind andererseits 75–90 Meter hohe Mastreihen in Entfernungen von 10–20 km sichtbar. Für langfristige Aussagen zum gesamten AC/DC-Ausbau ist eine GIS-Sichtfeldanalyse erforderlich.

A2 · Akzeptanz-/Konfliktkosten

Der Szenariowert liegt bei 0,4–1,1 Mrd. € für SWL. In Abbildung 1 wird ein Wert von 1,0 Mrd. € angesetzt. Enthalten sind zusätzliche Kommunikation, Varianten-/Hybridprüfungen (von Freileitung auf Erdkabel zurück), erstrittene Einzelumplanungen aufgrund von Bürgerinitiativen (von Freileitung auf Erdkabel zurück), Rechts- und Genehmigungsaufwand sowie terminbedingte Projektmehrkosten durch Proteste. In diesen Kosten unter A2 wird eine „Umplanung“ mit einem gesamthaften Technologiewechsel von Erdkabel auf Freileitung auf der Gesamttrasse nicht berücksichtigt – dies ist unter A6 enthalten. Der Rechenansatz aus A2 kommt als Kostenabschätzung zustande, wobei folgende Hypothese zugrunde liegt: Alle 10 km gibt es einen Streitfall/eine Behinderung mit Folgekosten von durchschnittlich 5 bis 15 Mio. € Extrakosten pro Fall. Für SWL ergibt sich somit ein Betrag von 365 bis 1095 Mio. €. Erfahrungswerte aus bisherigen Erdkabeltrassenbauprojekten zeigen, dass es zwar auch hier vereinzelt Bürgerinitiativen gibt, die sich aber in der Regel nur auf den Bau beziehen und nicht auf die fertiggestellten, renaturierten Erdkabeltrassen. Im Fall des Freileitungsbaus ist dies anders, da hier aufgrund der stärkeren Sichtbarkeit für Anwohner und größere Bevölkerungsgruppen sowie der Emissionen der Hochspannungsleitungen auch noch Jahre nach der Inbetriebnahme Bürgerinitiativen gegen den Freileitungsbau zustande kommen. Der im Diagramm mit 1,0 Mrd. € gewählte Szenariowert ist daher ausdrücklich als zusätzliches Risikobudget (Kosten) für den Fall einer Freileitung im Vergleich zu einer Erdkabelverlegung zu behandeln.

A3 · Boden-/Immobilienwerte

Screening: $730.000 \text{ m} \times 50 \text{ m äquivalente betroffene Baulandbreite} = 36,5 \text{ Mio. m}^2 \times 200 \text{ €/m}^2 = 7,3 \text{ Mrd. €}$
 Bezugswert. $\times 10 \%$ angenommene Wertminderung = 0,73 Mrd. €. Die 50 m bündeln rechnerisch die tatsächlich entlang eines viel breiteren Sichtkorridors verstreut vorhandenen Wohn-/Bauflächen. Für eine belastbare Aussage müssen GIS-Flächennutzung, Bodenrichtwertzonen und empirische Transaktionsdaten ausgewertet werden.

A4 · Sicherheit / Resilienz

Die Resilienzkosten werden in zwei Teilrechnungen für die 730 km lange Referenztrasse SuedWestLink über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren abgeschätzt: **A) Naturereignisse und Sabotage:** Brand, Sturm, Hochwasser und Sabotage, **B) Kriegsszenario:** gezielte schwere Beschädigungen im Verteidigungsfall.

Die Berechnung ist eine transparente **Szenario- und Risikokostenrechnung**, keine empirische Schadensprognose für den SuedWestLink. Die Annahmen können im Rahmen von Sensitivitätsanalysen variiert werden.

In der Bewertungslogik werden berücksichtigt: die Exposition und Zugänglichkeit der Anlage, die Häufigkeit erfolgreicher schwerer Schadensereignisse, der direkte Wiederherstellungsaufwand, die Dauer der Nichtverfügbarkeit sowie netz- und versorgungswirtschaftliche Ausfallkosten.

Das Erdkabel besitzt durch seine Erdüberdeckung einen Schutzvorteil gegenüber Naturereignissen und gezielten Angriffen. Die Freileitung bietet dagegen Vorteile bei Sichtprüfung, Schadenserkennung und Reparaturzugang.

Teil A: Naturereignisse und Sabotage

Die Szenariovergleichsrechnung für Brand, Sturm, Hochwasser und Sabotage ergibt über 30 Jahre zusätzliche Risikokosten von Freileitung gegenüber Erdkabel in Höhe von 661 Mio. €. Auszüge aus der Berechnung sind im Folgenden dargestellt.

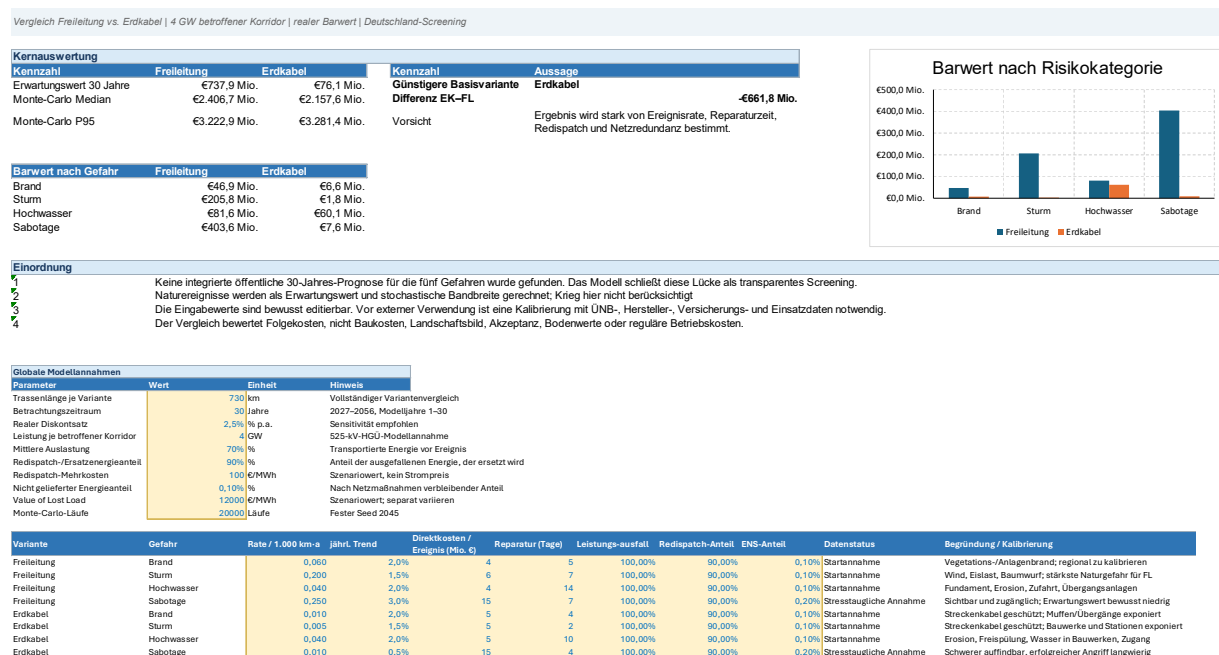


Abbildung A4-1: Berechnung der Risikokosten für Brand, Sturm, Hochwasser und Sabotage

Teil B: Kriegsszenario

Für das Kriegsszenario werden die Risikokosten berechnet als:

= Schadensereignisse × (Reparaturkosten + Ausfalldauer × Ausfallkosten je Tag). Bezugsgröße ist die 730-km-DC-Verbindungsstrecke SuedWestLink (SWL) über 30 Jahre.

Annahme über 30 Jahre	Freileitung	Erdkabel
Schwere erfolgreiche Schadensereignisse	5	0,5
Reparaturkosten je Ereignis	10 Mio. €	50 Mio. €
Mittlere Ausfalldauer	150 Tage	150 Tage
Ausfallkosten je Tag	1,5 Mio. €	2,0 Mio. €

Die gleiche Ausfalldauer wird bewusst für beide Technologien angesetzt. Im Kriegsfall können auch Stahlmaste, Leiterseile, Fundamente, Großgeräte und Spezialkolonnen nicht kurzfristig und unbegrenzt verfügbar sein. Der zentrale Unterschied liegt daher nicht in der Reparaturdauer, sondern in der **Angriffs- und Schadensexposition**: Freileitungsmasten und Leiterseile sind über Hunderte Kilometer sichtbar, leicht lokalisierbar und vergleichsweise gut zugänglich. Erdkabel sind wesentlich weniger exponiert; ihre Reparatur ist im einzelnen Schadensfall jedoch aufwendiger und teurer.

Berechnung: **Berechnung:**

- Freileitung: $5,0 \times (10 + 150 \times 1,5) = 1.175 \text{ Mio. €}$
- Erdkabel: $0,5 \times (50 + 150 \times 2,0) = 175 \text{ Mio. €}$

Differenz: + 1,0 Mrd. € als zusätzliche Risikokosten für Freileitungsbau im Kriegsszenario.

Trotz gleicher Ausfalldauer und deutlich höherer Reparaturkosten eines einzelnen Erdkabelschadens entstehen für die Freileitung im Kriegsszenario rund **1,0 Mrd. € höhere Risikokosten**. Der Vorteil des Erdkabels resultiert ausschließlich aus seiner geringeren Angriffs- und Schadensexposition.

Gesamtergebnis A4

Teilrechnung	Mehrkosten der Freileitung
Naturereignisse und Sabotage	+661 Mio. €
Kriegsszenario	+1.000 Mio. €
Rechnerische Gesamtdifferenz	+1.661 Mio. €

Konservativ angesetzter Resilienzzuschlag **+1.500 Mio. €**

Für das Kostenübersichtsdiagramm wird damit zugunsten einer zurückhaltenden Bewertung ein auf **1,5 Mrd. € abgerundeter Resilienzzuschlag** für die Freileitungsvariante angesetzt. Einordnung: Szenariorechnung, keine publizierte Prognose für den SuedWestLink. Die Ergebnisse hängen insbesondere von der angenommenen Ereignishäufigkeit und den Ausfallkosten ab und sind durch Sensitivitätsanalysen zu prüfen.

A5 · Bau- und Marktkapazität

Die Kapazitätsampel basiert auf eigener Modellierung aus Anbieterstruktur, Referenzprojekten und erwartbarem Hochlauf. Sie stellt keine Kapazitätszusage einzelner Unternehmen dar; Unsicherheitsband langfristig ca. $\pm 25\text{-}35\%$. Engpässe Freileitung: Mastmontage, Seilzug, erfahrene Bau-/Projektleitung und Präqualifikation. Engpässe Erdkabel: Kabel, Jointing, Spezialverfahren, Baufreiheit. Der +30%-Preisauflauf im Diagramm ist ein Stressszenario für kurzfristige Marktverknappung. Im Fall von Erdkabel sind die Faktoren der Marktnappheit bereits über Präqualifikationsverfahren eingepreist.

A6 · Planung / Technologiewechsel

Frontier Economics/ef.Ruhr/Görg bewerten den Wechsel von Erdkabel zu Freileitung bei DC42/DC42plus als neuen rechtlichen Prozess und leiten ein Verzögerungspotenzial von rund 4-7 Jahren ab. Die Studie quantifiziert zusätzliche Redispatch-Kosten von rund 180-190 Mio. €2026 je Verzögerungsjahr. Im Szenario: $5 \times 190 \text{ Mio. €} = 950 \text{ Mio. €}$. Hinzu kommen 225 Mio. € eigene Abschätzung für verlorene/zu überarbeitende Planung und Freileitungs-Neuplanung; zusammen rund 1,18 Mrd. €. [3] Die 225 Mio. € sind eine eigene Abschätzung nicht übertragbarer Planungskosten. Die Verzögerungsdauer und die jährlichen Redispatch-Kosten stammen aus der externen Studie. [3]

A7 · Kostenvergleich

Veröffentlichte Investitionsbandbreiten DC42/DC42plus: Erdkabel 8,7-14,1 Mrd. €2025, Freileitung 2,6-5,4 Mrd. €2025. Für die Grafik werden die Mittelpunkte 11,4 bzw. 4,0 Mrd. € genutzt. Das optimierte Erdkabel reduziert 11,4 Mrd. € um 20 % auf 9,12 Mrd. €. Die Freileitung addiert zum 4,0-Mrd.-€-Mittelwert die oben beschriebenen Szenariopositionen auf 9,61 Mrd. €. Wegen möglicher Überschneidungen ist dies eine Szenariografik und keine finale volkswirtschaftliche Vollkostenrechnung. [3]

Quellen und Datenstatus

- [1] 50Hertz: SuedWestLink (DC42), Projektseite. Projektlänge ca. 730 km; Bestätigung im Netzentwicklungsplan am 1. März 2024; Projektstatus, Abruf 09.09.2026.
- [2] 50Hertz: SuedWestLink Infoletter, Ausgabe September 2024. 525 kV, 4 GW, Erdkabelprojekt, Planfeststellungsverfahren nach NABEG.
- [3] Frontier Economics / ef.Ruhr / Görg: Kostenanalyse zur Bewertung von Erdkabel und Freileitung, 21.05.2026. Investitionskosten, Netzkosten, Verzögerung 4-7 Jahre und Redispatch-Folgekosten. beauftragt durch NKT
- [4] Eigene Modellrechnungen Initiative Energietrassenbau, Stand 08./09.09.2026: Sichtkorridor, Bodenwert-Screening, Kapazitätsampel, 30-Jahres-Risikoscreening und Szenario-Kostensynthese.
- [5] Deutscher Bundestag (2026a): Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Bundesbedarfsplangesetzes. Gesetzentwurf der Bundesregierung, Bundestagsdrucksache 21/6128 vom 26. Mai 2026. Berlin. [Online abrufbar](#).
- [6] Deutscher Bundestag (2026b): Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Bundesbedarfsplangesetzes – Stellungnahme des Bundesrates und Gegenäußerung der Bundesregierung. Unterrichtung durch die Bundesregierung, Bundestagsdrucksache 21/6564 zu BT-Drs. 21/6128 vom 18. Juni 2026. Berlin. [Online abrufbar](#).

Hinweis zur wissenschaftlichen Einordnung

Die extern belegten Werte und die eigenen Szenarioannahmen werden bewusst getrennt. Für eine Veröffentlichung als wissenschaftliche Vollkostenstudie wären insbesondere GIS-basierte Sichtfeld- und Bodenwertanalysen, empirische Akzeptanz-/Klagekosten, reale Kapazitätsdaten der Marktteilnehmer sowie eine mit ÜNB-/Versicherungsdaten kalibrierte Resiliensimulation erforderlich. Für den politischen Fachdialog liefert die vorliegende Fassung einen transparenten, prüfbaren Bewertungsrahmen und zeigt einerseits Optimierungslösungen und andererseits, welche Kosten- und Wirkungsdimensionen in einer reinen €/km-Debatte fehlen.