

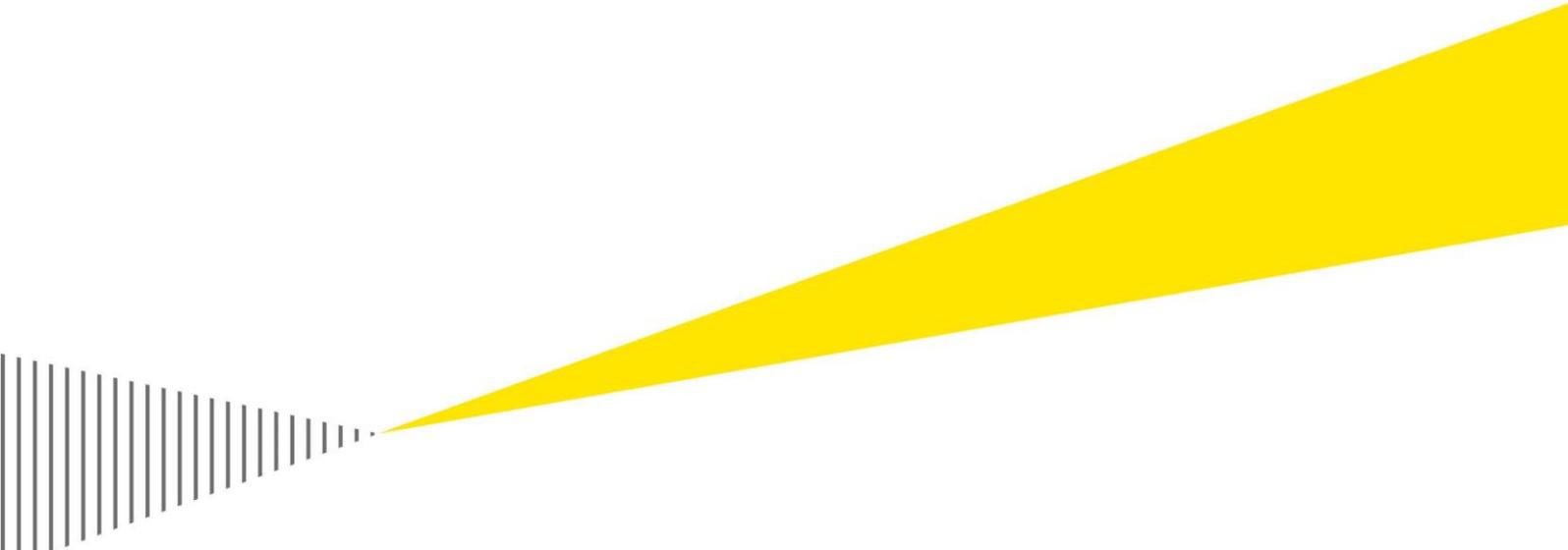
Gutachten

im Auftrag der

OÖ Landesholding GmbH

zum Investitions- und Kostenvergleich Freileitung - Erdkabel auf der 110-kV-Spannungsebene im ländlichen Raum

Linz, im Dezember 2018



Unser Bericht wurde ausschließlich im Auftrag und im Interesse des Auftraggebers erstellt und bildet keine Grundlage für ein allfälliges Vertrauen anderer dritter Personen auf seinen Inhalt. Ansprüche anderer dritter Personen können daraus nicht abgeleitet werden, jegliche Haftung anderen Berichtsempfängern gegenüber ist ausdrücklich ausgeschlossen.

EY

Building a better
working world

Inhaltsverzeichnis

1	AUFTRAG UND DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNG	5
1.1	Auftragserteilung und Auftragsinhalt	5
1.2	Auftragsdurchführung, Auftragsbedingungen	6
1.3	Eingesehene Unterlagen	6
1.4	Geführte Interviews	7
1.5	Vollständigkeitserklärung	7
2	AUSZUG DER RECHTLICHEN GRUNDLAGEN	8
2.1	Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 (EIWOG)	8
2.2	Oberösterreichisches Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2006 (Oö EIWOG)	9
3	INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTENANALYSE	12
3.1	Lebenszyklus und Komponenten von Stromleitungen	12
3.1.1	Lebenszyklus	12
3.1.2	Komponenten	13
3.2	Investitionen und Betriebskosten von Stromleitungen	14
3.2.1	Projektierung	14
3.2.2	Errichtung	16
3.2.3	Betrieb	19
3.2.4	Rückbau/Ersatz	20
3.3	Kriterien und Vorgehen	21
3.4	Exemplarischer Investitionsvergleich anhand realisierter Projekte in Österreich	22
3.4.1	Exemplarische Investitionsprojekte Österreich	22
3.4.2	Detaillierter Investitionsvergleich Projekte Oberösterreich	24
3.4.3	Validierung der Investitionssumme anhand weiterer Projekte	26
3.4.4	Nachvollziehbarkeit der wirtschaftlichen Parameter	28
3.4.5	Weitere Projektcharakteristika mit Investitionsbezug	28
3.4.6	Zusammenfassung Investitionsvergleich anhand österreichischer Projekte	31
3.5	Vergleichsanalyse der Investitionen und Betriebskosten anhand Studien	33
3.5.1	Investitionen	33
3.5.2	Betriebskosten	35
3.5.3	Gesamtkosten	37
3.5.4	Zusammenfassung der Studienergebnisse	39
3.6	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	40
3.6.1	Vergleichsergebnisse	40
3.6.2	Ausbauprojekte in Oberösterreich	41
4	SCHLUSSFOLGERUNG	44
	LITERATURVERZEICHNIS	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bandbreite der Mehrkostenfaktoren für Investitionen auf der 110-kV-Spannungsebene (EY Analyse).....	33
Abbildung 2: Bandbreite der Mehrkostenfaktoren für Betriebskosten auf der 110-kV-Spannungsebene (EY Analyse).....	35
Abbildung 3: Bandbreite der Mehrkostenfaktoren für Gesamtkosten auf der 110-kV-Spannungsebene (EY Analyse).....	38
Abbildung 4: Gegenüberstellung der Bandbreiten und Durchschnitte der Mehrkostenfaktoren für Investitionen, Betriebskosten und Gesamtkosten auf der 110-kV-Spannungsebene (EY Analyse).....	39
Abbildung 5: Treiber des Mehrkostenfaktors von Erdkabeln am Beispiel des Ausbauprojektes im Mühlviertel (EY Analyse)	42
Abbildung 6: Treiber des Mehrkostenfaktors von Erdkabeln am Beispiel des Ausbauprojektes im Mühlviertel (EY Analyse)	44
Abbildung 7: Mehrkostenfaktoren für Investitionen, Betriebskosten und Gesamtkosten auf der 110-kV-Spannungsebene anhand Studien und Mehrkostenfaktor der Investitionsprojektvergleiche (EY Analyse).....	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kostenbestandteile und ihr Verhältnis zu der Investitionssumme der Projekte Jochenstein-Ranna und Partenstein-Ranna, in TEUR/km und %.....	24
Tabelle 2: Investitionen - Freileitungsprojekte	26
Tabelle 3: Investitionen - Erdkabelprojekte.....	27
Tabelle 4: Übersicht der spezifischen Investitionssummen und der Kostenbestandteile für die exemplarischen Investitionsprojekte je km	32
Tabelle 5: Vergleichsrechnung Auswirkung Trassenführung und Trenntransformatoren auf den Mehrkostenfaktor Erdkabel-Freileitung für Ausbauprojekt im Mühlviertel ...	42

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 - Allgemeine Auftragsbedingungen für Wirtschaftstreuhandberufe (AAB 2018)	
--	--

Abkürzungsverzeichnis

AAB	Allgemeine Auftragsbedingungen für Wirtschaftstreuhandberufe
ABl.	Amtsblatt
Abzw.	Abzweigung
Anm.	Anmerkung
APG	Austrian Power Grid GmbH
BGBI	Bundesgesetzblatt
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
EIWOOG	Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz
ENTSO-E	Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EUR	Euro
EUR/km	Euro pro Kilometer
EUR/m	Euro pro Meter
EUR/m ²	Euro pro Quadratmeter
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EY	Ernst and Young Wirtschaftsprüfungsgesellschaft m.b.H.
gem.	gemäß
ggü.	gegenüber
GHz	Gigahertz
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
Hz	Hertz
km	Kilometer
kV	Kilovolt
kV/m	Kilovolt pro Meter
LGBl	Landesgesetzblatt
LINZ NETZ	LINZ Netz GmbH
m	Meter

Mio.	Million
Mio. EUR	Million Euro
mm	Millimeter
mm ²	Quadratmillimeter
MVA	Megavoltampere
NetzOÖ	OÖ Netz GmbH
Oö EIWOG	Oberösterreichisches Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz
rd.	rund
TEUR	Tausend Euro
TEUR/km	Tausend Euro pro Kilometer
tlw.	teilweise
UVPG	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz
vgl.	vergleiche
VPE	vernetzte Polyethylen-Isolierung
z.B.	zum Beispiel
μT	Mikrotesla
%	Prozent
°	Grad

Hinweis: Die im Gutachten angeführten Tabellen und Abbildungen können Rundungsdifferenzen enthalten.

An die Geschäftsführung der
OÖ Landesholding GmbH

1 Auftrag und Durchführung der Prüfung

1.1 Auftragserteilung und Auftragsinhalt

Mit dem Schreiben vom 21. August 2018 wurden wir von der OÖ Landesholding GmbH beauftragt, ein Gutachten zum Kostenvergleich Freileitung - Erdkabel auf der 110-kV-Spannungsebene im ländlichen Raum zu erstellen.

Die OÖ Netz GmbH (im Folgenden „NetzOÖ“) und die Linz Netz GmbH (im Folgenden „LINZ Netz“) betreiben und errichten als Konzessionsträger u.a. basierend auf dem Stromnetz-Masterplan Oberösterreich¹ Leitungen auf der 110-kV-Spannungsebene. Diese planen die Errichtung einer 110-kV-Stromleitung im Gebiet Mühlviertel.

Es ist auskunftsgemäß seitens der NetzOÖ und der LINZ Netz beabsichtigt, diese überwiegend als Freileitung zu errichten. Diese begründen die Wahl zugunsten der Freileitung unter anderem mit Erfahrungen aus der Errichtung anderer 110-kV-Stromleitungen im Raum Oberösterreich als die kostengünstigere Art der Errichtung im Vergleich zum Erdkabel.

Im Fokus der öffentlichen Debatte bezüglich des Netzausbaus stehen aktuell die kontrovers diskutierten Vor- und Nachteile einer Errichtung von Stromleitungen als Freileitung im Vergleich zu einer Errichtung als Erdkabel. Aus diesem Grunde erfolgt in diesem Gutachten die Darstellung der betriebswirtschaftlichen Aspekte der Errichtung sowie des laufenden Betriebes einer 110-kV-Stromleitung als Freileitung im Vergleich zu einem Erdkabel.

Als Datengrundlage für das Gutachten wurden die Ist-Kosten des 110-kV-Erdkabelprojektes Jochenstein-Ranna (Neuerrichtung Erdkabel) und die Angebots- und Plankosten sowie die zum Teil bereits ausverhandelten Auftragskosten des 110-kV-Freileitungsprojekts Partenstein-Ranna (Ersatzneubau Freileitung) herangezogen. Basierend auf diesen Unterlagen wurde dieses Gutachten erstellt, welches in einem ersten Schritt die Plausibilität der Ist-, Angebots- und Plankosten der Projekte überprüft, validiert und den Mehrkostenfaktor ermittelt. Zusätzlich zum Mehrkostenfaktor untersucht und bewertet das Gutachten weitere qualitative Aspekte des Vergleichs von Freileitungen gegenüber Erdkabeln. In einem zweiten Schritt werden aufbauend auf diese Analyse Rückschlüsse auf die Investitionen und Betriebskosten der geplanten neuen 110-kV-Stromleitung im Mühlviertel erarbeitet und die Auswirkung auf den Mehrkostenfaktor bei einer Ausführung aus Erdkabel gegenüber einer Freileitung beleuchtet.

Zu diesem Zwecke haben wir Daten aus unserem globalen EY-Energienetzwerk herangezogen, Interviews mit österreichischen EVUs sowie technischen Experten geführt.

Gegenstand der betriebswirtschaftlichen Untersuchung sind Kosten für die Investition (bspw. Materialkosten, Montage- und Tiefbaukosten sowie Servitutskosten) sowie Kosten für den Betrieb (bspw. Instandhaltungskosten, Netzverlustkosten).

¹ Austrian Power Grid AG et al.: Stromnetz-Masterplan Oberösterreich 2026, Planungsstand Juni 2016

1.2 Auftragsdurchführung, Auftragsbedingungen

Der gegenständliche Auftrag wurde im Zeitraum September bis November 2018 durchgeführt. Der für die Durchführung des Auftrages verantwortliche Wirtschaftsprüfer ist Herr Mag. Erich Lehner.

Maßgebend für die Durchführung des uns erteilten Auftrages und unserer Verantwortlichkeit sind, auch im Verhältnis zu Dritten, die vom Arbeitskreis für Honorarfragen und Auftragsbedingungen bei der Kammer der Wirtschaftstrehänder ausgearbeiteten und vom Vorstand der Kammer der Wirtschaftstrehänder zur Anwendung empfohlenen „Allgemeine Auftragsbedingungen für Wirtschaftstrehandberufe“ („AAB 2018“). Eine Kopie dieser Auftragsbedingungen ist diesem Gutachten als Anlage beigefügt (vgl. Anlage I).

Unser Bericht wurde ausschließlich im Auftrag und im Interesse des Auftraggebers erstellt und bildet keine Grundlage für ein allfälliges Vertrauen anderer dritter Personen auf seinen Inhalt. Ansprüche anderer dritter Personen können daraus nicht abgeleitet werden, jegliche Haftung anderen Berichtsempfängern gegenüber ist ausdrücklich ausgeschlossen.

1.3 Eingesehene Unterlagen

Als Grundlage für unsere Begutachtung dienten die nachstehend näher bezeichneten Dokumente und Aufzeichnungen, welche uns vom Land Oberösterreich und von der NetzOÖ zur Verfügung gestellt wurden:

- Abart et al.: Technischer Bericht: Netzverträglichkeit von Erdkabeln im gelöscht betriebenen 110-kV-Netz in Oberösterreich, 2018
- Fickert et al.: Second Opinion betr. des Technischen Berichtes: Netzverträglichkeit von Erdkabeln im gelöscht betriebenen 110-kV-Netz in Oberösterreich, 2018
- Fickert et al.: Wissenschaftliches Gutachten 110kV-Leitungsverbindung Almtal-Kremstal, Endbericht, 2010
- Fickert: Stellungnahme zur Überprüfung der Investitionskosten der Erdkabelvariante für die geplante 110-kV-Leitung Vorchdorf - Kirchdorf, 2015
- Österreichs Energie: Positionspapier Verkabelung im 110-kV-Netz, 2013 mit Bestätigung der Aktualität 2016
- Netz Oberösterreich GmbH: Das 110-kV-Netz ist das Rückgrat der Stromversorgung von Oberösterreich, 2018

Seitens der NetzOÖ wurden uns auftragsgemäß die Investitionen von zwei durchgeführten Projekten übermittelt:

- Jochenstein-Ranna (Neuerrichtung Erdkabel)

Dieses Neubauprojekt ist bereits vollständig abgeschlossen und abgerechnet. Es liegen sämtliche abgerechneten IST-Kosten vor. Das Erdkabel ist seit April 2018 in Betrieb genommen und erstreckt sich über rd. 5 km.

- Partenstein-Ranna (Ersatzneubau Freileitung)

Das Ersatzneubauprojekt befindet sich derzeit in Umsetzung. Die zur Verfügung gestellten Kosten entsprechen den Plankosten auf Basis einer im Jahr 2018 durchgeführten öffentlichen Ausschreibung. Das Leitungsprojekt erstreckt sich über rd. 17,9 km.

Seitens der LINZ NETZ wurden uns die Investitionen von zwei durchgeführten Projekten übermittelt:

- Freistadt-Rainbach (Freileitung)
- Wallsee-Baumgartenberg (Freileitung)

Seitens der Austrian Power Grid GmbH (im Folgenden „APG“) wurden uns die Investitionen von einem durchgeführten Projekt übermittelt:

- Pichling-Traunau (Erdkabel)

Seitens eines weiteren EVU wurden uns die Investitionen von zwei durchgeführten Projekten übermittelt:

- Projekt A (Erdkabel)
- Projekt B (Freileitung)

Weiterhin wurden Unterlagen aus öffentlichen Quellen herangezogen, die dem Literaturverzeichnis zu entnehmen sind.

1.4 Geführte Interviews

Im Rahmen der Gutachtenerstellung haben wir Gespräche mit folgenden österreichischen Netzbetreibern bzw. der Interessenvertretung der österreichischen Energiewirtschaft geführt:

- Netz Oberösterreich GmbH
- Linz Netz GmbH
- Austrian Power Grid AG
- Netz Niederösterreich GmbH
- Energienetze Steiermark GmbH
- KNG-Kärnten Netz GmbH
- Vereinigung Österreichs Energie - Österreichs Energiewirtschaft

1.5 Vollständigkeitserklärung

Die Geschäftsführung der Netz Oberösterreich GmbH und der OÖ Landesholding GmbH hat uns in einer am 5. Dezember 2018 unterfertigten schriftlichen Vollständigkeitserklärung bestätigt, dass uns sämtliche Aufklärungen und Nachweise, die im Zusammenhang mit der Erstellung des vorliegenden Gutachtens angefordert wurden bzw. die für die Ermittlung des Kostenvergleiches erforderlich sind, vollständig und wahrheitsgemäß offen gelegt wurden.

2 Auszug der rechtlichen Grundlagen

Im Nachfolgenden werden Auszüge des EIWOG wiedergegeben. Weitere rechtliche Grundlagen sind das Starkstromwegegesetz auf Bundes- sowie auf Landesebene, auf welches im Weiteren nicht näher eingegangen wird.

2.1 Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 (EIWOG)

(BGBl. I Nr. 174/2013)

Im § 3 EIWOG ist der Geltungsbereich des Bundesgesetzes geregelt.

Dieses Bundesgesetz hat zum Gegenstand:

- die Erlassung von Bestimmungen für die Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Versorgung mit Elektrizität sowie die Organisation der Elektrizitätswirtschaft;
- die Regelung des Systemnutzungsentgelts sowie Vorschriften über die Rechnungslegung, die innere Organisation, Entflechtung und Transparenz der Buchführung von Elektrizitätsunternehmen;
- die Festlegung von sonstigen Rechten und Pflichten für Elektrizitätsunternehmen.

§ 4 EIWOG definiert die Ziele des Bundesgesetzes (als Grundsatzbestimmung).

Demnach sind die Ziele wie folgt definiert:

- der österreichischen Bevölkerung und Wirtschaft **kostengünstige Elektrizität in hoher Qualität** zur Verfügung zu stellen;
- eine Marktorganisation für die Elektrizitätswirtschaft gemäß dem EU-Primärrecht und den Grundsätzen des Elektrizitätsbinnenmarktes gemäß der Richtlinie 2009/72/EG über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 2003/54/EG, ABl. Nr. L 211 vom 14.08.2009 S. 55, (Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie) zu schaffen;
- das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und KWK-Technologien gemäß Anlage II als Mittel zur Energieeinsparung und Gewährleistung der Versorgungssicherheit nachhaltig zu nutzen;
- durch die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen die **Netz- und Versorgungssicherheit zu erhöhen und nachhaltig zu gewährleisten**;
- die Weiterentwicklung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energiequellen zu unterstützen und den Zugang zum Elektrizitätsnetz aus erneuerbaren Quellen zu gewährleisten;
- einen **Ausgleich für gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen im Allgemeininteresse** zu schaffen, die den Elektrizitätsunternehmen auferlegt wurden und die sich auf die **Sicherheit**, einschließlich der **Versorgungssicherheit**, die **Regelmäßigkeit**, die **Qualität** und den **Preis der Lieferungen** sowie auf den **Umweltschutz** beziehen;

- das öffentliche Interesse an der Versorgung mit elektrischer Energie, insbesondere aus heimischen, erneuerbaren Ressourcen, bei der Bewertung von Infrastrukturprojekten zu berücksichtigen. Die gemeinwirtschaftlichen Verpflichtungen sind im § 5 EIWOG als Grundsatzbestimmung definiert.

Die Ausführungsgesetze haben den Netzbetreibern, nachstehende gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen im Allgemeininteresse aufzuerlegen:

- die diskriminierungsfreie Behandlung aller Kunden eines Netzes;
- den Abschluss von privatrechtlichen Verträgen mit Netzbenutzern über den Anschluss an ihr Netz (Allgemeine Anschlusspflicht);
- die Errichtung und Erhaltung einer für die inländische Elektrizitätsversorgung oder für die Erfüllung völkerrechtlicher Verpflichtungen ausreichenden Netzinfrastruktur.

Die Ausführungsgesetze haben den Elektrizitätsunternehmen, nachstehende gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen im Allgemeininteresse aufzuerlegen:

- die Erfüllung der durch Rechtsvorschriften auferlegten Pflichten im öffentlichen Interesse;
- die Mitwirkung an Maßnahmen zur Beseitigung von Netzengpässen und an Maßnahmen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit.

Die Ausführungsgesetze verpflichten Elektrizitätsunternehmen die bestmögliche Erfüllung der ihnen im Allgemeininteresse auferlegten Verpflichtungen mit allen ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln anzustreben.

2.2 Oberösterreichisches Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2006 (Oö EIWOG)

(LGBl. Nr. 46/2018)

§ 1 bestimmt den Geltungsbereich des Landesgesetzes.

- Demnach regelt dieses Landesgesetz die Erzeugung, die Übertragung, die Verteilung von und die Versorgung mit elektrischer Energie sowie die Organisation der Elektrizitätswirtschaft in Oberösterreich.
- Sofern durch Bestimmungen dieses Landesgesetzes der Zuständigkeitsbereich des Bundes berührt wird, sind sie so auszulegen, dass sich keine über die Zuständigkeit des Landes hinausgehende rechtliche Wirkung ergibt.

Gem. § 3 Oö EIWOG besteht das Ziel dieses Landesgesetzes darin,

- der Bevölkerung und der Wirtschaft in Oberösterreich elektrische Energie **kostengünstig, ausreichend, dauerhaft, flächendeckend, sicher** und in **hoher Qualität** zur Verfügung zu stellen;
- eine Marktorganisation für die Elektrizitätswirtschaft gemäß dem EU-Primärrecht und den Grundsätzen der Elektrizitätsbinnenmarkttrichtlinie zu schaffen;

- die Weiterentwicklung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energiequellen zu unterstützen und den Zugang zum Elektrizitätsnetz aus erneuerbaren Quellen zu gewährleisten;
- einen **Ausgleich für gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen** im Allgemeininteresse zu schaffen, die den Elektrizitätsunternehmen auferlegt werden und die sich auf die **Sicherheit**, einschließlich der **Versorgungssicherheit**, die **Regelmäßigkeit**, die **Qualität** und den **Preis der Lieferungen** sowie auf den **Umweltschutz** beziehen;
- Stromerzeugungsanlagen in allen ihren Teilen nach dem jeweiligen Stand der Technik zu errichten, zu betreiben und aufzulassen
- den Import von Atomstrom möglichst gering zu halten;
- das Potential der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und KWK-Technologien gemäß Anlage II zum EIWOG 2010 als Mittel zur Energieeinsparung und Gewährleistung der Versorgungssicherheit nachhaltig zu nutzen;
- durch die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen die Netz- und Versorgungssicherheit zu erhöhen und nachhaltig zu gewährleisten;
- das öffentliche Interesse an der Versorgung mit elektrischer Energie, insbesondere aus heimischen, erneuerbaren Ressourcen, bei der Bewertung von Infrastrukturprojekten zu berücksichtigen;
- die bestmögliche Erfüllung der in der Energiestrategie des Landes definierten Zielsetzungen zu erreichen.

§ 47 regelt die Versorgungssicherheit bei Übertragungs- und Verteilernetzen.

Netzbetreiber haben demnach,

- ein sicheres, zuverlässiges und leistungsfähiges Übertragungs- oder Verteilernetz unter Berücksichtigung auf den Umweltschutz zu betreiben und zu erhalten und in diesem Zusammenhang für die Bereitstellung der Hilfsdienste zu sorgen, wobei das (n-1)- Kriterium bei der Errichtung, beim Betrieb und der Erhaltung der Höchst-, Hoch- und Mittelspannungsnetze anzustreben ist,
- die zum Betrieb des Netzsystems erforderlichen technischen Voraussetzungen sicherzustellen,
- langfristige Planungen für den Netzausbau durchzuführen und den Betreibern der anderen Netze, mit denen ihr eigenes Netz verbunden ist, ausreichende Informationen zu liefern, um den sicheren und leistungsfähigen Betrieb, den koordinierten Ausbau und die Interoperabilität des Verbundsystems sicherzustellen; die langfristige Planung für den Netzausbau ist entsprechend dem tatsächlichen und prognostizierten Verbrauch an elektrischer Energie jährlich zu aktualisieren und der Behörde auf Verlangen vorzulegen,
- sich jeglicher Diskriminierung gegenüber den Netzbenutzern oder den Kategorien von Netzbenutzern, insbesondere zu Gunsten ihrer Konzernunternehmen oder Aktionäre, zu enthalten und

- einen Betriebsleiter gemäß § 44 zu bestellen (Anm.: LGBl. Nr. 72/2008).

Zur Sicherstellung der den Netzbetreibern im Abs. 1 Z 1 bis 3 auferlegten Pflichten können unter Bedachtnahme auf den Stand der Technik durch Verordnung technische Mindestanforderungen festgelegt werden, die bei der Errichtung, dem Betrieb und der Erhaltung von Netzen einzuhalten sind. In einer solchen Verordnung können auch technische Normen und Regelwerke für verbindlich erklärt werden. Wenn es diese festgelegten technischen Mindestanforderungen verlangen, kann erforderlichenfalls auch die Errichtung neuer Leitungsanlagen bzw. die Verstärkung bestehender Leitungsanlagen durch Bescheid angeordnet werden. (Anm.: LGBl. Nr. 72/2008)

Der Übertragungsnetzbetreiber hat neben den Pflichten nach Abs. 1 mit den Netzsystemen der Verteilernetzbetreiber zu kooperieren, soweit es die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit erfordert.

Soweit nicht die Bestimmungen des Energielenkungsgesetzes 2012 zur Anwendung kommen, sind, wenn es die Sicherstellung der Versorgung mit elektrischer Energie in Oberösterreich erfordert und die in diesem Landesgesetz vorgesehenen kooperativen bzw. vertraglichen Maßnahmen beim Betrieb der Übertragungsnetze und Verteilernetze nicht ausreichen, jene technischen und wirtschaftlichen Maßnahmen gegenüber Übertragungsnetzbetreibern, Verteilernetzbetreibern, Bilanzgruppenverantwortlichen und Betreibern von Stromerzeugungsanlagen durch Verordnung oder Bescheid festzulegen, die erforderlich sind, die Aufrechterhaltung der Versorgung mit elektrischer Energie in Oberösterreich zu gewährleisten. Dabei können insbesondere die bei der Betriebsführung, Durchführung von Schalthandlungen und Störungsbehebung erforderlichen Maßnahmen zur Koordinierung zwischen den Übertragungsnetzbetreibern und Verteilernetzbetreibern vorgesehen werden sowie die Anordnung langfristige Netzplanungen erfolgen und Verantwortungsbereiche für einzelne Tätigkeiten bestimmt bzw. zusammengefasste Tätigkeitsbereiche eingerichtet werden (Anm.: LGBl. Nr. 72/2008, 103/2014).

3 Investitions- und Betriebskostenanalyse

Die Investitions- und Betriebskostenanalyse führt einleitend zentrale Begrifflichkeiten über Investitionen und Betriebskosten von Stromleitungen in den Kapiteln 3.1 und 3.2 ein. Weiterführend werden allgemeine Kriterien des Vergleichs von Stromleitungsprojekten im Kapitel 3.3 definiert.

Basierend auf herausgearbeiteten Begrifflichkeiten und Kriterien des Vergleichs erfolgt der Vergleich der Investitionen des 110-kV-Erdkabelprojektes Jochenstein-Ranna mit dem Freileitungsprojekt Partenstein-Ranna anhand der zentralen Kennzahl des Mehrkostenfaktors für Erdkabel in Kapitel 3.4. Zusätzlicher Analysebestandteil ist die Validierung untersuchter Investitionen basierend auf weiteren vorgelegten Investitionen, sowie von Projektcharakteristika mit hoher Relevanz für die Investitionen, die im Rahmen des Vergleichs anhand des Mehrkostenfaktors nicht berücksichtigt werden können.

Eine weitere Validierung von Mehrkostenfaktoren und zusätzlichen vergleichsrelevanten Aspekten erfolgt anhand von Studien in Kapitel 3.5.

Darauf aufbauende Rückschlüsse auf geplante Ausbauprojekte in Oberösterreich werden in Kapitel 3.6 dargestellt.

3.1 Lebenszyklus und Komponenten von Stromleitungen

Für eine Stromleitung fallen in Abhängigkeit ihres Lebenszyklus und ihrer Komponenten unterschiedliche Investitionen und Betriebskosten an. Daher ist es vorab zur Durchführung einer Investitions- und Betriebskostenanalyse erforderlich, den Begriff der Stromleitung, sowie ihren Lebenszyklus und ihre Komponenten einzuführen.

3.1.1 Lebenszyklus

Eine Stromleitung ist eine Transportverbindung zwischen einem Stromerzeuger und einem Stromverbraucher. Der Begriff der Stromleitung lässt sich zunächst als Synonym für den Begriff des Stromkabels verstehen. Eine weitere Differenzierung erfolgt im Fortgang des Gutachtens.

Der Lebenszyklus einer Stromleitung besteht aus den folgenden vier Phasen:

1. Projektierung
2. Errichtung
3. Betrieb
4. Rückbau/Ersatz

Die Projektierung einer Stromleitung beinhaltet sämtliche Arbeiten, welche vor der Errichtung einer Stromleitung notwendig sind. Darunter fallen die Vorplanung und die Projektplanung. Im Rahmen der Vorplanung werden die Trassenführung und die technischen Möglichkeiten erarbeitet, die Finanzierungsbedarfe gegenübergestellt und die Entwurfsplanung weiter konkretisiert. Zentraler Bestandteil der anschließenden Projektplanung ist das Projektengineering, bei dem unter anderem eine Vermessung sowie verschiedene fachliche Begutachtungen des Trassenwegs erfolgen. Diesen Arbeiten schließen sich die Genehmigungsplanung sowie die Klärung von Fragen über einzuholende Servitute und Entschädigungen an.

Nach der Projektierung schließt die Errichtung der Stromleitung an. Dabei erfolgen beim Detailengineering eine grobe Bauplanung und die Einsetzung einer Bauleitung. Dem Detailengineering folgt der Bau der Stromleitung, welcher die Materialbeschaffung und -logistik, den Tiefbau und die Montage, sowie bei Erdkabeln ebenso die Verlegung beinhaltet. Die Errichtungsphase endet mit der Inbetriebnahme der Stromleitung.

Mit dem Betrieb der Stromleitung beginnt die Nutzungsdauer. In dieser Phase sind die verursachten Netzverluste der Stromleitung ein betriebswirtschaftlich relevanter Aspekt. Ebenso fallen geplante und ungeplante Instandhaltungsmaßnahmen während dem Betrieb an. Dabei teilen sich die geplanten Instandhaltungsmaßnahmen in Inspektion, Wartung und Instandsetzung auf. Ungeplante Instandhaltungsmaßnahmen beinhalten die Entstörung im Fehlerfall und Reparaturarbeiten.

Hat die Stromleitung das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreicht, erfolgt der Rückbau der Stromleitung. Bestandteile des Rückbaus sind der Abriss der Stromleitung, die Entsorgung der technischen Komponenten und die Renaturierung des ehemaligen Trassengebiets. Im Rahmen des Rückbaus wird häufig ein gleichzeitiger Ersatz in Form einer Erneuerung der Stromleitung durchgeführt, so dass der Rückbau der vorhandenen Stromleitung und die zeitnahe Errichtung der neuen Stromleitung eng miteinander verknüpft sind.

3.1.2 Komponenten

Der Stromtransport lässt sich in die Stromübertragung und die Stromverteilung untergliedern. Die Stromübertragung ist charakterisiert durch eine Punkt-zu-Punkt Verbindung für den Transport von Strommengen über weite Entfernungen. Die Stromübertragung erfolgt auf der sogenannten Höchstspannungsebene (220 bis 380 kV), sowie in einigen Fällen auch auf der Hochspannungsebene (60 bis 110 kV). Die Stromverteilung hingegen findet auf der mittleren und niedrigen Spannungsebene² (1 bis 52 kV bzw. unter 1 kV) statt. Im Rahmen dieses Gutachtens werden ausschließlich Stromleitungen zur Stromübertragung auf der Hochspannungsebene 110 kV im ländlichen Raum betrachtet.

Die Stromleitung für die Stromübertragung ist als Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen zwei Umspannwerken ausgeführt. In den Umspannwerken wird der Strom entweder auf eine andere Spannungsebene transformiert oder auf mehrere Leitungsabgänge aufgeteilt und dann weiter transportiert. Aufgrund des in Europa üblichen Netzaufbaus für das 3-Phasen-Wechselstrom-System besteht der Stromtransport dabei aus drei Außenleitern, die jeweils eine Phase des 3-Phasen-Wechselstrom-Systems führen. Insbesondere bedingt durch die sicherheitstechnische Redundanz³ besteht dabei eine Stromleitung in der Regel aus mindestens zwei gleichen Systemen, also insgesamt mindestens sechs Außenleitern.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur technischen Realisierung und Ausführung der Außenleiter einer Stromleitung für die Stromübertragung auf der Hochspannungsebene. Übliche technische Ausführungsarten stellen die Freileitung und das Erdkabel dar.

Im Rahmen dieses Gutachtens erfolgt die Betrachtung von Freileitungen und Erdkabeln, die sich wie folgt hinsichtlich der wesentlichen Bauteile und Planungselemente differenzieren:

² Die Hochspannungsebene kann in Abhängigkeit gewachsener örtlicher Netzstrukturen ebenso der Stromverteilung zugeordnet sein.

³ §47 EIWOG

Freileitung

- Bei einer Freileitung werden die Außenleiter als Leiterseile oberirdisch an eingerichteten Masten aufgehängt.
- Die wesentlichen Komponenten dieser technischen Ausführungsart bestehen damit aus den sechs Leiterseilen, dem Erdungsseil und den aufzubauenden Masten sowie Armaturen und Isolatoren.
- Bei der Errichtung bestehen nach dem Engineering und der Projektierung wesentliche Arbeiten in der Bearbeitung des Flurs, des Wegebau, der Bauleitung und der Baustelleinrichtung, in der Mastfundierung und -montage sowie in der Montage der Erd- und Leiterseile.

Erdkabel

- Bei einem Erdkabel sind die Leiter als Kabel unterirdisch in die Erde zu verlegen. Die Kabel sind mit einer Isolierung ummantelt und werden meist in Schutzrohren, welche mit Magerbeton hinterfüllt werden, verbaut.
- Die wesentlichen Komponenten dieser technischen Ausführungsart bestehen aus Erdkabeln, Muffen, Kabelendverschlüssen, Kabelschutzrohren, Temperaturüberwachung, Erdern, Trassenkennzeichnungen, Metallkonstruktionen und Schellen.
- Zur netztechnischen Integration von längeren Erdkabelsystemen und für einen sicheren Netzbetrieb können in Abhängigkeit des bestehenden angeschlossenen Netzes Trenntransformatoren notwendig sein, die das Erdkabelsystem vom angeschlossenen Netz galvanisch trennen.
- Bei der Errichtung bestehen nach der Projektierung wesentliche Arbeiten aus dem Tiefbau (z.B. Grabungen und Bohrungen), der Kabelverlegung, sowie der Montage der Muffen und der Kabelendverschlüsse.

3.2 Investitionen und Betriebskosten von Stromleitungen

Aufbauend auf dem Lebenszyklus und den Komponenten einer Stromleitung erfolgt in diesem Abschnitt eine Beschreibung der Kostenbestandteile entlang des Lebenszyklus der Stromleitung. Das Gutachten kategorisiert die Kostenbestandteile dabei weiter in Abhängigkeit der zugrundeliegenden technischen Ausführung.

3.2.1 Projektierung

Vor der Errichtung einer Stromleitung ist die Projektierung der Stromleitung erforderlich. Die damit verbundenen Kosten fallen innerhalb des Lebenszyklus einer Stromleitung einmalig an.

3.2.1.1 Vorplanungskosten

Die Vorplanungskosten gliedern sich im Wesentlichen in die folgenden Bestandteile:

- Bedarfsermittlungskosten
- Ausbauplanungskosten
- Entwurfsplanungskosten
- Finanzierung und Finanzierungskosten

Mit dem Beginn der Vorplanung entstehen Kosten durch die Bedarfsermittlung einer neuen Stromleitung. Dazu wird ein herzustellendes Zielnetz über langfristige Szenarien und den zukünftigen Stromtransportbedarf abgeleitet. Basierend auf dem Zielnetz lässt sich anschließend eine Ausbauplanung durchführen, wie sie beispielsweise für Oberösterreich für die Hochspannungsebene vorgesehen ist.⁴

Die anschließende Entwurfsplanung konkretisiert die Ausbauplanung in Projekten. Gegenstand der Entwurfsplanung ist beispielsweise die erste grobe Analyse von möglichen Trassenwegen und technischen Umsetzungen.

Für die geplanten Projekte ist außerdem der Finanzierungsbedarf zu ermitteln.

3.2.1.2 Projektplanungskosten

Die Projektplanungskosten gliedern sich im Wesentlichen in die folgenden Bestandteile:

- Projektengineering-Kosten
- Genehmigungskosten
- Servituts- und Entschädigungskosten
- Entschädigungskosten für Flurschäden

Zentraler Bestandteil der Projektplanungskosten sind Projektengineering-Kosten. Beim Projektengineering entstehen Kosten durch eine detaillierte Prüfung und Spezifikation der möglichen Trassenwege. Diese Kosten beinhalten beispielsweise die Vermessung und die Genehmigung, sowie eine geologische, hydrologische und umweltschutzrechtliche Begutachtung des Trassenwegs.

Servituts- und Entschädigungskosten stellen eine zusätzliche Komponente der Projektplanungskosten dar. Diese enthalten die zu zahlenden Entschädigungen an die von der Stromleitung betroffenen Grundstückseigentümer. Die Entschädigung erfolgt zum einen für die dauerhafte Beeinträchtigung der Grundstücksnutzung und zum anderen für die notwendige Einräumung von Nutzungsrechten für den Netzbetreiber im Rahmen des Zugangs zur Stromleitung. Zur Nutzungsbeschränkung des Grundstückseigentümers zählt dabei vor allem die Trassensicherung bei Freileitungen, die beispielsweise in einer dauerhaften baulichen Höhenbeschränkung im Schutzstreifen der Freileitung besteht. Ebenso werden bei Freileitungen die Bereiche der Maststandorte inklusive der Fundamente entschädigt.

Bei Erdkabeln liegen ebenfalls Nutzungsbeschränkungen durch die notwendige Trassensicherung vor. So ist es nicht möglich, auf Erdkabeltrassen Gebäude zu errichten. Daher erhält der Grundstückseigentümer für die resultierende Wertminderung des Grundstücks eine Entschädigungszahlung. Im engen Zusammenhang mit den Bauarbeiten entstehen ebenso Flurschäden. Weiterhin ergeben sich Flurschäden durch die Trasse, die einen um Vegetation bereinigten Schutzstreifen benötigt. Von Flurschäden betroffene Grundstückseigentümer sind sowohl bei Freileitungen, als auch bei Erdkabeln zu entschädigen. Entschädigungen an den Grundstückseigentümer sind ebenso im Rahmen der notwendigen Einräumung von Wegerechten für die Errichtung und auch für den späteren Betrieb der Stromleitung vorgesehen.

⁴ Austrian Power Grid AG et al.: Stromnetz-Masterplan Oberösterreich 2026, Planungsstand Juni 2016

3.2.2 Errichtung

Durch die Errichtung fallen Kosten an, die innerhalb des Lebenszyklus einer Stromleitung einen einmaligen Charakter aufweisen und aus den folgenden Bestandteilen resultieren:

- Detailengineering-Kosten
- Materialkosten
- Montage- und Tiefbaukosten

3.2.2.1 Detailengineering-Kosten

Detailengineering-Kosten gliedern sich im Wesentlichen in die folgenden Bestandteile:

- Bauplanungs- und -leitungskosten
- Kosten der technischen, kaufmännischen und ökologischen Baubegleitung

Im Rahmen des Detailengineering wird die Bauplanung spezifiziert zur Ausführungsplanung. Während der Errichtung findet die Bauleitung statt. Dabei ist auch die technische, kaufmännische und ökologische Baubegleitung ein wichtiger Bestandteil.

3.2.2.2 Materialkosten

Materialkosten sind ein wesentlicher Bestandteil der Investitionen und fallen daher fast ausschließlich bei der Errichtung der Stromleitung an. In Abhängigkeit der technischen Ausführung als Freileitung oder Erdkabel entstehen Materialkosten für unterschiedliche technische Komponenten.

Freileitung

Die Materialkosten einer Freileitung fallen im Wesentlichen für die folgenden technischen Komponenten an:

- Masten
- Leiterseile
- Sonstige Komponenten: Armaturen, Isolatoren, Erdungsanlagen

Masten und Leiterseile stellen dabei die Hauptkomponenten einer Freileitung dar. Insbesondere die Anzahl der Leiterseile, die möglichen Mastabstände und die einzuhaltenden Begrenzungen hinsichtlich der Schutzstreifenbreite und der Masthöhe bestimmen die Bauform und Dimensionierung der Masten. Üblicherweise sind Freileitungen in der Hochspannungsebene als Gittermasten ausgeführt.

Erdkabel

Die Materialkosten eines Erdkabels fallen im Wesentlichen für die folgenden technischen Komponenten an:

- Kabel
- Muffen
- Sonstige Komponenten: Kabelendverschlüsse, Kabelschutzrohre, Temperaturüberwachung, Trassenkennzeichnung, durchgängige Erdungsanlagen

Die Kabel und Muffen stellen die Hauptkomponenten eines Erdkabels dar. Erdkabel werden üblicherweise in einzelnen Abschnitten von 700 bis 1.000 Metern verlegt und mit Hilfe von Muffen miteinander verbunden. Die Einbringung in die Erde stellt an Erdkabel besondere Anforderungen hinsichtlich der Isolierung, der Zugänglichkeit für Instandhaltungsmaßnahmen sowie hinsichtlich des Schutzes vor äußeren Einflüssen und der Temperaturabführung. Eine gängige Ausführungsart der Isolierung auf der Hochspannungsebene ist die vernetzte Polyethylen-Isolierung (im Folgenden „VPE“).

Des Weiteren ist die Einfassung des Erdkabels in Kanälen oder Rohren zum mechanischen Schutz vor äußeren Beschädigungen notwendig. Die konkrete Einfassungsart ist dabei abhängig von den Anforderungen des Kabels, der Kabelumgebung, der Notwendigkeit der Kabelzugänglichkeit zur Instandhaltung und der benötigten Temperaturabführung im Betrieb. Eine gängige Einfassungsart im Hochspannungsbereich im ländlichen Gebiet stellen Kabelschutzrohre dar, die mit Magerbeton oder einer Sandmischung zur Temperaturabführung versehen werden.

3.2.2.3 Montage- und Tiefbaukosten

Während der Errichtung der Stromleitung fallen neben den Materialkosten ebenso Montage- und Tiefbaukosten an. In Abhängigkeit der technischen Ausführung der Stromleitung als Freileitung oder Erdkabel fallen unterschiedliche Montage- und Tiefbaukosten an.

Freileitung

Die Montage- und Tiefbaukosten einer Freileitung fallen im Wesentlichen für die folgenden Tätigkeiten an:

- Grabungen und Tiefenbohrungen
- Mastfundierung
- Mastmontage
- Seilzugmontage
- Baugerüsterrichtung
- Bauleitung
- Baustelleneinrichtung
- Wegebau, Bauzufahrtsstraßen
- Flurschäden

Tiefbaukosten resultieren durch Tiefbauarbeiten in Form von Grabungen und Bohrungen und fallen insbesondere zur Schaffung einer Grundlage für die zu errichtende Mastfundierung an. Neben den anschließenden Montagearbeiten zu den einzurichtenden Masten und dem Aufbringen der Leiterseile enthalten die Montagekosten ebenso Kosten für die Baustelleneinrichtung in beispielsweise nicht durch Straßen erschlossenem Gebiet, die Kosten der Kriegsmittelerkundung im Bereich der Mastfundamente und die Flurschäden.

Erdkabel

Die Montage- und Tiefbaukosten eines Erdkabels fallen im Wesentlichen für die folgenden Tätigkeiten an:

- Grabungen, Pflug und Spülbohrungen
- Lagerung und Verfuhr von Aushubmaterial
- Kabelverlegung
- Muffenmontage
- Bauleitung, Baustelleneinrichtung
- Wegebau
- Flurschäden
- Oberflächenwiederherstellung (insbesondere im Bereich von Straßen und Wegen)

Die Tiefbauarbeiten mittels Grabungen, Pflug oder Spülbohrungen sind bei Erdkabeln erforderlich. Sie stellen bei Erdkabeln bedeutende Kosten dar, die daher im Folgenden detailliert beschrieben werden.

Die Erdkabelverlegung mittels Pflug stellt die vergleichsweise einfachste und günstigste Tiefbauart dar. Diese kommt ausschließlich außerhalb von bebautem Gelände ohne bestehende Fremdeinbauten und nicht steinigem Untergrund in Betracht. Bei der Erdkabelverlegung wird der Boden durch den Pflug geöffnet, die Kabelschutzrohre und das Erdkabel ein gepflügt und der Boden hinter dem Pflug wieder geschlossen. Kommt aufgrund der Erdkabelumgebung, der Bodenverhältnisse oder der Einfassungsart des Kabels keine Pflugstrecke in Frage, ist eine aufwendigere Tiefbauart, die Grabung oder Bohrung, erforderlich. Nach Grabungen sind Stabilisierungsmaßnahmen (Pölzen von Künetten und Baugruben) notwendig, die hinsichtlich des Aufwands stark abhängig von den Bodenverhältnissen sind. Grabungen und Stabilisierungen sind auf ebenen Flächen grundsätzlich mit geringerem Aufwand verbunden als in hügeligem Gelände. Bohrungen stellen die aufwendigste Tiefbauart dar und kommen grundsätzlich nur dann zum Einsatz, wenn Grabungen aufgrund der örtlichen Verhältnisse nicht durchführbar sind. Bohrungen können beispielsweise im Siedlungsraum entlang bestehender Infrastrukturen erforderlich werden, ebenso bei baulichen Querungen anderer Infrastruktureinrichtungen wie Straßen oder Schienen, sowie bei der Unterquerung von fließenden Gewässern. Dort wo auch keine Bohrung möglich ist, beispielsweise bei Einbauten (Kanal etc.) kann eine alternative Streckenführung, die zu einer Verlängerung der Kabelstrecke führen kann, erforderlich sein.

Nach den Tiefbauarbeiten folgen die Erdkabelverlegung und die anschließende Kabelendverschluss- und Muffenmontage. Die Kosten der Kabelverlegung hängen dabei stark von der gewählten Verlegungsart ab.

Wie bei Freileitungen fallen bei den Montagekosten von Erdkabeln ebenso Kosten für die Baustelleneinrichtung, den Wegebau, die etwaige Kriegsmittelerkundung und die Flurschäden an. Die Kosten für etwaige Kriegsmittelerkundung sind bei Erdkabeln aufgrund des aufwendigeren Tiefbaus höher als bei Freileitungen.

3.2.3 Betrieb

Im Rahmen des anschließenden Stromleitungsbetriebs ergeben sich regelmäßige Kosten. Diese sogenannten Betriebskosten haben innerhalb des Lebenszyklus einer Stromleitung wiederkehrenden Charakter.

Die Betriebskosten beinhalten die folgenden Kostenbestandteile:

- Netzverlustkosten
- Instandhaltungskosten für geplante Maßnahmen
- Instandhaltungskosten für ungeplante Maßnahmen

3.2.3.1 Netzverlustkosten

Netzverlustkosten beziffern die elektrischen Verluste einer Stromleitung. Die elektrischen Verluste treten bei der Stromdurchleitung in Form von Abwärme auf. Diese treten sowohl bei Freileitungen als auch bei Erdkabeln auf. Abhängig sind die elektrischen Verluste maßgeblich von der Auslastung der Stromleitung, ihrem Leiterwiderstand, sowie von der Umgebungstemperatur.

Netzverlustkosten entstehen dabei ebenso bei der Transformation von elektrischem Strom. Sind zu einer Stromleitung zusätzliche Trenntransformatoren installiert, wie sie beispielsweise bei Erdkabeln technisch erforderlich sein können, sind die resultierenden Verluste ebenso mit von Bedeutung. Diese Verluste sind bei den Netzverlustkosten zusätzlich mit einzubeziehen.

3.2.3.2 Instandhaltung (geplante Maßnahmen)

Die Kosten für die geplanten Instandhaltungsmaßnahmen basieren auf den folgenden Tätigkeiten:

- Inspektion
- Wartung
- Instandsetzung

Aus dem Stromleitungsbetrieb ergeben sich Pflichten zur regelmäßigen Inspektion des Anlagenzustandes und der Trasse sowie zur Durchführung geplanter Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen. Kosten für geplante Instandhaltungsmaßnahmen fallen insbesondere bei Freileitungen an, da eine regelmäßige Inspektion des technischen Zustands und der Trassensituation notwendig ist. Absehbare technische Störungen sind dadurch in der Regel vor dem Störungseintritt zu beheben.

Erdkabel erlauben aufgrund der baulichen Ausführung und der Verlegeart geplante Instandhaltungsmaßnahmen nur im eingeschränkten Maße. Gegenstand regelmäßiger Inspektionsarbeiten ist die Überprüfung des Trassenbewuchses zur Verhinderung des Eintritts von Wurzeln sowie Mantelprüfungen und Kabelendverschlusskontrollen. Weitere geplante Instandhaltungsmaßnahmen können nur dort erfolgen, wo die bauliche Ausführung des Erdkabels entsprechende Arbeiten erlaubt. Bei einer Verlegung des Erdkabels in Rohren sind durch fehlende Zugänge geplante Instandhaltungsmaßnahmen nicht möglich. Technische Schwachstellen und Störungen werden mithilfe von Fernüberwachungssystemen identifiziert. Ebenso finden jährliche Trassenbegehungen statt.

3.2.3.3 Instandhaltung (ungeplante Maßnahmen)

Ungeplante Instandhaltungsmaßnahmen beinhalten die folgenden Tätigkeiten:

- Entstörung
- Reparatur

Entstörungen und Reparaturen bezeichnen sämtliche ungeplante Arbeiten an der Stromleitung. Diese decken damit ungeplante Arbeiten ab, die aufgrund identifizierter technischer Schwachstellen erforderlich werden sowie im Fall der Entstörung die Beseitigung eines Fehlerfalls oder Ausfalls der Stromleitung.

Ungeplante Ausfälle können an allen technischen Bauteilen von Stromleitungen auftreten und sowohl bei Freileitungen als auch bei Erdkabeln ungeplante Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich machen.

Bei Erdkabeln sind Reparaturen vor dem Hintergrund der unterirdischen Verlegung üblicherweise technisch und zeitlich aufwendiger als bei Freileitungen.

3.2.4 Rückbau/Ersatz

Mit dem Erreichen ihrer technischen Lebensdauer gelangt die Stromleitung in die Phase des Rückbaus. Tätigkeiten, die im Rahmen des Rückbaus anfallen, sind:

- Abriss
- Entsorgung der technischen Komponenten
- Renaturierung des Trassengebiets
- Ersatzinvestition/Reinvestition

Eine Renaturierung des Trassengebiets erfolgt dabei nur dann, wenn die Trasse nicht mehr zum Stromtransport benötigt wird.

Üblicherweise greifen die Tätigkeiten des Rückbaus der bestehenden Stromleitung mit denen erneuter Investitionen in eine neue Stromleitung ineinander, beispielsweise bei einer Ersatzinvestition in Form einer Erneuerung der Leiterseile bei Freileitungen. Für diese neue Stromleitung beginnt damit der Lebenszyklus.

3.3 Kriterien und Vorgehen

Die Vergleichbarkeit von technischen Ausführungsarten⁵ ist nur unter Berücksichtigung einer einheitlichen Kennzahl zu gewährleisten, die sowohl für Freileitungs-, als auch für Erdkabelprojekten ermittelbar ist. Für den Vergleich werden daher die Investitionen auf einen Leitungskilometer bezogen, sodass sich die Kennzahl für beide technische Ausführungsarten als Freileitung und als Erdkabel bestimmen lässt. Die Kennzahl wird wie folgt bestimmt:

$$\text{spezifische Investition} = \frac{\text{Investition [EUR]}}{\text{Leitungslänge [km]}} \text{ in } \left[\frac{\text{EUR}}{\text{km}} \right]$$

Mittels der Kennzahl des Verhältnisses der spezifischen Investitionen ist ein ausgewähltes Erdkabelprojekt mit einem Freileitungsprojekt direkt miteinander vergleichbar. Dieser Ansatz kommt auch bei der Auswahl von technischen Ausführungsarten im Rahmen der Projektierung zur Anwendung. Aus diesem Verhältnis ergibt sich ein Kostenfaktor, der im Allgemeinen auf die Mehrkosten eines Vergleichsprojektes abgestellt wird. Daher ist der Begriff des Mehrkostenfaktors üblich. Er gibt somit an, um welchen Faktor sich die spezifische Investition des Projektes A gegenüber der spezifischen Investition Projektes B verhält. Er ist wie folgt definiert:

$$\text{Mehrkostenfaktor}_A = \frac{\text{spezifische Investition}_A}{\text{spezifische Investition}_B}$$

Bei einem Vergleich zwischen einem Freileitungs- und einem Erdkabelprojekt ergibt sich der Mehrkostenfaktor für das Erdkabel folgendermaßen:

$$\text{Mehrkostenfaktor}_{\text{Erdkabel}} = \frac{\text{spezifische Investitionen}_{\text{Erdkabel}}}{\text{spezifische Investitionen}_{\text{Freileitung}}}$$

Der Mehrkostenfaktor lässt sich anstatt auf die spezifischen Investitionen auch auf die spezifischen Betriebskosten oder auf die spezifischen Gesamtkosten beziehen. Dabei werden die spezifischen Betriebskosten oder die spezifischen Gesamtkosten analog der spezifischen Investitionen gebildet. Der Mehrkostenfaktor für Erdkabel ist beispielsweise ein wichtiger Bestandteil während der Planung und dem Vergleich von Ausführungsarten im deutschen Gesetz.⁶

Im Rahmen dieses Gutachtens dient die nachfolgende Bestimmung der spezifischen Investitionen und der daraus resultierenden Mehrkostenfaktoren ebenfalls als betriebswirtschaftliches Vergleichskriterium der unterschiedlichen Ausführungsarten des Hochspannungsnetzausbaus.

⁵ Unter technischen Ausführungsarten werden die Ausführung als Freileitung und die Ausführung als Erdkabel zusammengefasst.

⁶ Vgl. §43 h EnWG (Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung der Bundesrepublik Deutschland)

3.4 Exemplarischer Investitionsvergleich anhand realisierter Projekte in Österreich

In diesem Abschnitt werden die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Investitionen im Rahmen der Errichtung von Stromleitungen anhand von konkreten realisierten Projekten in Österreich, sowohl von Freileitungen als auch Erdkabel, exemplarisch dargestellt und verglichen.

Zunächst werden die einzelnen Projekte vorgestellt und ein Überblick über die Investitionen der Projekte gegeben. Darauf aufbauend gehen wir auf die Nachvollziehbarkeit der Zahlen ein und vergleichen die Projekte im Detail. Dieser Abschnitt schließt mit der Betrachtung weiterer relevanter Charakteristika für die Investitionen.

3.4.1 Exemplarische Investitionsprojekte Österreich

Die Netzbetreiber NetzOÖ, LINZ NETZ, APG, sowie ein weiterer EVU haben für dieses Gutachten die Investitionen von insgesamt sieben Stromleitungsprojekten in Oberösterreich und anderen Bundesländern auf der 110-kV-Spannungsebene zur Verfügung gestellt. Zwei Stromleitungsprojekte in Oberösterreich enthalten dabei detaillierte Angaben zu einzelnen Kostenpositionen der Investition und sind somit detailliert miteinander vergleichbar. Für die fünf weiteren Stromleitungsprojekte in Oberösterreich und anderen Bundesländern liegen uns nur teilweise detaillierte Kostenpositionen der Investitionen vor. Die Investitionen dieser fünf weiteren Projekte dienen daher zur weiterführenden Validierung der Ergebnisse des detaillierten Vergleichs.

3.4.1.1 Projekte für den detaillierten Investitionsvergleich in Oberösterreich

Freileitung Partenstein-Ranna (110 kV)

Die Investitionen für die Freileitung Partenstein-Ranna wurden von der NetzOÖ zur Verfügung gestellt. Die Freileitung vom Umspannwerk Partenstein zum Umspannwerk Ranna auf der 110-kV-Spannungsebene umfasst eine Länge von rd. 17,9 km und wird in Kompaktbauweise mit Stahlgittermasten und zwei Systemen ausgeführt. Die Übertragungsleistung beträgt 2 x 200 MVA. Die Freileitung befindet sich derzeit im Bau. Zu Jahresbeginn 2018 erfolgte auskunftsgemäß eine öffentliche Ausschreibung. Die vorgelegten Investitionen basieren auf der Preisbasis 2018 zu den Kosten, die im Ausschreibungsverfahren vereinbart wurden.

Erdkabel Jochenstein-Ranna (110 kV)

Die Investitionen für das Erdkabel Jochenstein-Ranna wurden von der NetzOÖ zur Verfügung gestellt. Das Erdkabel vom Umspannwerk Jochenstein zum Umspannwerk Ranna auf der 110-kV-Spannungsebene umfasst eine Länge von rd. 4,9 km und ist mit zwei Systemen ausgeführt. Die Übertragungsleistung beträgt 2 x 200 MVA. Das Erdkabel befindet sich seit März 2018 in Betrieb.

3.4.1.2 Weitere Projekte zur Validierung der Investitionssumme in Österreich

Freileitung Freistadt-Rainbach (110 kV)

Die Investitionen für die Freileitung Freistadt-Rainbach wurden von der LINZ NETZ zur Verfügung gestellt. Die Freileitung von der bestehenden Leitung Friensdorf-Freistadt zum Umspannwerk Rainbach auf der 110-kV-Spannungsebene umfasst eine Länge von 8,3 km und wurde in Kompaktbauweise mit Stahlrohrmasten und zwei Systemen ausgeführt. Die Übertragungsleistung beträgt 2 x 200 MVA. Baubeginn war 2016. Die Freileitung befindet sich seit dem Jahr 2018 in Betrieb. Die vorgelegten Investitionen stammen aus dem gleichen Jahr und wurden durch den Netzbetreiber auf das Jahr 2018 indexiert.

Freileitung Wallsee-Baumgartenberg (110 kV)

Die Investitionen für die Freileitung Wallsee-Baumgartenberg wurden von der LINZ NETZ zur Verfügung gestellt. Die Freileitung vom Umspannwerk Wallsee zum Umspannwerk Baumgartenberg auf der 110-kV-Spannungsebene umfasst eine Länge von 8,6 km und wurde in Kompaktbauweise mit Stahlgittermasten und zwei Systemen ausgeführt. Die Übertragungsleistung beträgt 2 x 200 MVA. Die Freileitung befindet sich seit dem Jahr 2010 in Betrieb. Die vorgelegten Investitionen stammen aus dem gleichen Jahr und wurden durch den Netzbetreiber auf das Jahr 2018 indexiert.

Erdkabel Pichling-Traunau (110 kV)

Die Investitionen für das Erdkabel Pichling-Traunau wurden von der APG zur Verfügung gestellt. Das Erdkabel von Pichling nach Traunau auf der 110-kV-Spannungsebene umfasst eine Länge von 2,1 km und besteht aus zwei Systemen. Die Übertragungsleistung beträgt 2 x 170 MVA. Das Erdkabel befindet sich seit dem Jahr 2006 in Betrieb. Die vorgelegten Investitionen stammen aus dem gleichen Jahr und wurden anhand des Baupreisindex auf das Jahr 2018 indexiert.⁷

Erdkabel Projekt A (110 kV)

Die Investitionen für das Erdkabel Projekt A wurden von einem weiteren EVU zur Verfügung gestellt. Das Erdkabel vom Umspannwerk 1 zum Umspannwerk 2 auf der 110-kV-Spannungsebene umfasst eine Länge von 6,3 km und besteht aus einem System. Die Übertragungsleistung beträgt 1 x 220 MVA. Die Erdkabelleitung befindet sich seit dem Jahr 2018 in Betrieb. Zur Herstellung von Vergleichbarkeit wurden die vorgelegten Investitionen des einen Systems durch das EVU auf zwei Systeme umgerechnet.

Freileitung Projekt B (110 kV)

Die Investitionen für die Freileitung Projekt B wurden von einem weiteren EVU zur Verfügung gestellt. Die Freileitung vom Umspannwerk 1 zu 2 auf der 110-kV-Spannungsebene umfasst eine Länge von 22,6 km und wurde mit Stahlgittermasten und zwei Systemen ausgeführt. Die Übertragungsleistung beträgt 2 x 207 MVA. Die Freileitung befindet sich seit dem Jahr 2016 in Betrieb. Die vorgelegten Investitionen stammen aus dem gleichen Jahr und wurden anhand des Baupreisindex auf das Jahr 2018 indexiert.⁸

⁷ Wirtschaftskammer Österreich, Statistik Austria: Veränderungsraten zum Baupreisindex ab 1996 in %, 2018

⁸ Wirtschaftskammer Österreich, Statistik Austria: Veränderungsraten zum Baupreisindex ab 1996 in %, 2018

3.4.2 Detaillierter Investitionsvergleich Projekte Oberösterreich

In Tabelle 1 werden Kostenbestandteile der Investitionsprojekte Jochenstein-Ranna und Partenstein-Ranna gegenübergestellt und der prozentuelle Anteil der Kostenbestandteile dargestellt.

	Erdkabel		Freileitung	
	Jochenstein-Ranna (TEUR/km)	Anteil	Partenstein-Ranna (TEUR/km)	Anteil
Materialkosten	510	41 %	151	25 %
Montage- und Tiefbaukosten	550	44 %	241	39 %
Servituts- und Entschädigungskosten	20	2 %	139	23 %
Engineering	160	13 %	81	13 %
Investitionssumme je km	1.240	100 %	612	100 %

Tabelle 1: Kostenbestandteile und ihr Verhältnis zu der Investitionssumme der Projekte Jochenstein-Ranna und Partenstein-Ranna, in TEUR/km und %

Im Folgenden wird ein detaillierter Vergleich der Investitionsprojekte Jochenstein-Ranna und Partenstein-Ranna anhand der vorgelegten Kostenpositionen durchgeführt.

3.4.2.1 Materialkosten

Den Materialkosten der Freileitung Partenstein-Ranna in Höhe von 151 TEUR/km stehen denen des Erdkabels Jochenstein-Ranna in Höhe von 580 TEUR/km gegenüber. Die Materialkosten sind aufgrund der Anteile, mit 25 % bzw. 41 %, an den Investitionssummen als bedeutend einzuschätzen. Insbesondere Erdkabel zeichnen sich durch höhere Materialkosten aus.

Die Herstellung der Erdkabel samt Isolation ist aufwendiger zu realisieren. Der Mehraufwand spiegelt sich insbesondere in den Materialkosten wider. Neben dem Erdkabel selbst müssen auch die seine Verlegeart und Muffenbauwerke berücksichtigt werden. Ebenso benötigen Erdkabel zusätzlich ein System zur laufenden Überwachung hinsichtlich Temperatur und Kabeldefekten.

Die Leiterseile bei Freileitungen kommen ohne jegliche aufgetragene Isolierung oder Schutzummantelung aus.

3.4.2.2 Montage- und Tiefbaukosten

Den Montage- und Tiefbaukosten der Freileitung Partenstein-Ranna in Höhe von 241 TEUR/km stehen denen des Erdkabels Jochenstein-Ranna in Höhe von 550 TEUR/km gegenüber.

Tiefbauarbeiten stellen im Rahmen der Errichtung von Erdkabeln wesentliche Kosten dar. Im Zuge des Projektes Jochenstein-Ranna wurden auf einer Länge von 4,9 km folgende Arbeiten angeführt:

- Grabung - 3,8 km
- Pflugstrecke - 1,0 km
- Gesteuerte Bohrungen - 0,1 km

Die Tiefbaukosten in Höhe von 450 TEUR stellen dabei den größten Kostenanteil der Montage- und Tiefbaukosten in Höhe von 550 TEUR des Erdkabels Jochenstein-Ranna dar. Sie stellen 36 % der gesamten Investitionssumme des Erdkabelprojektes dar. Der wesentliche Treiber im Bereich der Tiefbaukosten ergibt sich aus der allgemeinen Geologie. Die Tiefbaukosten können je nach den vorliegenden örtlichen Gegebenheiten stark variieren. Wesentliche Einflussfaktoren sind Felsanteil, vorhandene Einbauten, Oberflächenaufbruch und Wiederherstellung inklusive Asphaltübergriffen und Asphaltentsorgung, sowie Neigung, jedoch ebenso weitere Erfordernisse von Siedlungsgebieten und Wasserschutzgebieten. Die Lage der Trasse des Erdkabels Jochenstein-Ranna entlang der Donau spricht dabei für tendenziell einfache örtliche Gegebenheiten.

Auch bei Freileitungen sind Montage- und Tiefbaukosten bedeutend. Tiefbaukosten fallen jedoch nur für die zu errichtenden Mastfundamente und Erdungsanlagen an und sind daher gegenüber den Montagekosten von untergeordneter Bedeutung. Die Montagekosten sind insbesondere durch den aufwendigen Hochbau begründet. Im Vergleich mit Erdkabeln weisen Freileitungen insgesamt geringere Montage- und Tiefbaukosten auf. Diesen Sachverhalt bestätigt der Vergleich der Montage- und Tiefbaukosten der Freileitung Partenstein-Ranna mit denen des Erdkabels Jochenstein-Ranna.

3.4.2.1 Servituts- und Entschädigungskosten

Gemäß der übermittelten Kalkulationen stehen den Servituts- und Entschädigungskosten von Freileitungen in Höhe von 139 TEUR/km denen des Erdkabels in Höhe von 20 TEUR/km gegenüber, was im Wesentlichen darauf zurückzuführen ist, dass das Erdkabel überwiegend im öffentlichen Gut verlegt wurde. Die Servituts- und Entschädigungskosten stellen damit bei Freileitungen einen wichtigen Bestandteil mit 23 % Kostenanteil dar, während diese bei Erdkabeln mit 2 % Kostenanteil von stark untergeordneter Bedeutung sind.

Bei der Freileitung entstehen Servituts- und Entschädigungskosten sowohl für die Masten als auch für die überspannten Flächen. Aussagen der Netz OÖ und LINZ NETZ zufolge betragen die Servituts- und Entschädigungskosten für Masten aktuell rd. 4 bis 10 TEUR je Masten, die Servituts- und Entschädigungskosten für überspannte Flächen bewegen sich im Bereich 1 bis 2 EUR/m².

Erdkabel verursachen grundsätzlich im Vergleich zu Freileitungen bedeutend geringere flächenmäßige Einschränkungen für Grundstücksbesitzer. Zudem werden Erdkabel vorrangig im öffentlichen Gut verlegt, für dessen Nutzung keine Servitutskosten anfallen. Dies bilden die vorgelegten Servituts- und Entschädigungskosten der Projekte ab.

3.4.2.2 Engineering-Kosten

Den Engineering-Kosten der Freileitung Partenstein-Ranna in Höhe von 81 TEUR/km stehen solche des Erdkabels Jochenstein-Ranna in Höhe von 160 TEUR/km gegenüber. Die vergleichsweise höheren Kosten bei Jochenstein-Ranna sind auskunftsgemäß vor allem auf die längere Baudauer, welche unter anderem auf die erforderliche saisonale Verfügbarkeit des Radweges

entlang der Donau zurückzuführen ist und den damit verbundenen mehrmaligen Baustelleneinrichtungen zurückzuführen. Die Engineering-Kosten sind im Vergleich zu den Material-, den Montage- und den Tiefbaukosten, mit jeweils einem Kostenanteil von 13 %, in beiden Projekten als gering einzuschätzen.

3.4.2.3 Ergebnis

Der detaillierte Vergleich der einzelnen Kostenbestandteile der Investition der beiden Projekte Partenstein-Ranna und Jochenstein-Ranna verdeutlicht, dass die Kostenunterschiede maßgeblich durch die Höhe der Material-, der Montage- und der Tiefbaukosten begründet sind. Für die Freileitung sind außerdem die Servituts- und Entschädigungskosten noch entscheidend. Die weiteren Kostenbestandteile sind von vergleichsweise untergeordneter Bedeutung.

Es ergibt sich ein Mehrkostenfaktor für Investitionen des Erdkabels im Vergleich zur Freileitung in Höhe von 2,0.

3.4.3 Validierung der Investitionssumme anhand weiterer Projekte

In Tabelle 2 und Tabelle 3 sind weitere Projekte auf der 110-kV-Spannungsebene dargestellt, die zur Validierung der beiden vorhin dargestellten exemplarischen Projekte anhand der Investitionen herangezogen werden.

Freileitungen

Die Validierung des Freileitungsprojekts Partenstein-Ranna erfolgt anhand der drei weiteren Freileitungsprojekte auf Ebene der gesamten Investitionssummen.

	Partenstein-Ranna	Freistadt-Rainbach	Wallsee-Baumgartenberg	Projekt B
Investitionssumme je km	612 TEUR	916 TEUR	622 TEUR	478 TEUR

Tabelle 2: Investitionen - Freileitungsprojekte

Die Investitionssumme für die Freileitung Partenstein-Ranna liegt mit einer Höhe von 612 TEUR/km deutlich unter dem Freileitungsprojekt Freistadt-Rainbach mit einer Höhe von 916 TEUR/km. Die außerordentlich hohe Investitionssumme im Freileitungsprojekt Freistadt-Rainbach ist vor allem auf zusätzliche Material- sowie Montagekosten, bedingt durch die Erfordernisse anspruchsvoller örtlicher Bedingungen zurückzuführen. So werden Stahlrohrmasten verwendet, die im Vergleich zu Gittermasten sowohl vom Material als auch von den Fundamenten aufwendiger zu realisieren sind. Ebenso sind vergleichsweise hohe Investitionen für die Errichtung der Bauzufahrtsstraßen entstanden. Im Verlauf des Projektes wurden für ca. 70 % der Trassenlänge Bauzufahrtswege errichtet. Die Investitionssumme der Freileitung Wallsee-Baumgartenberg ist hingegen mit 622 TEUR/km direkt vergleichbar mit der Freileitung Partenstein-Ranna mit 612 TEUR/km. Die Freileitung Projekt B weist mit 478 TEUR/km eine deutlich niedrigere Investitionssumme auf, welche im Wesentlichen auf niedrigere Materialkosten zurückzuführen ist.

Zusammenfassend ist die Investitionssumme der Freileitung Partenstein-Ranna für das entsprechende Gelände auch im Vergleich mit weiteren Freileitungsprojekten als typisch zu klassifizieren. In spezifischen Fällen können Freileitungen in starker Abhängigkeit von Geländebedingungen auch höhere oder niedrigere spezifische Investitionen in Form rohstoffabhängiger Materialkosten, sowie stark variierender Montage- und Tiefbaukosten, erfordern.

Erdkabel

Das Erdkabelprojekt Jochenstein-Ranna wird anhand der zusätzlichen Erdkabelprojekte auf der Ebene der Investitionssummen validiert.

	Jochenstein-Ranna	Pichling-Traunau	Projekt A
Investitionssumme je km	1.240 TEUR	1.355 TEUR	1.040 TEUR

Tabelle 3: Investitionen - Erdkabelprojekte

Das Erdkabel Pichling-Traunau weist im Vergleich zu den anderen Erdkabeln einen geringeren Leiterquerschnitt von 800 mm² und eine geringere Übertragungsleistung von 170 MVA auf. So stehen dem Erdkabel Pichling-Traunau ein Leiterquerschnitt von 1.600 mm² und eine Übertragungsleistung von 200 MVA des Erdkabels Jochenstein-Ranna gegenüber. Die Abweichung der Leiterquerschnitte erklärt sich über die Verwendung unterschiedlicher Leitermaterialien. So verwendet das Erdkabel Pichling-Traunau als Leitermaterial Kupfer, wohingegen beim Erdkabel Jochenstein-Ranna Aluminium eingesetzt wird.⁹ Entscheidend für den Vergleich der Investitionen der beiden Erdkabel ist die Dimensionierung der Übertragungsleistung. Trotz der größeren Dimensionierung des Erdkabels Jochenstein-Ranna ist bei diesem Erdkabel eine niedrigere Investitionssumme entstanden, welche auf höhere Materialkosten des Erdkabels Pichling-Traunau zurückzuführen ist.

Das Erdkabel Projekt A weist eine Übertragungsleistung von 220 MVA und einen Leiterquerschnitt von 2.000 mm² auf. Das Erdkabel Jochenstein-Ranna ist mit einer Übertragungsleistung von 200 MVA und einem Leiterquerschnitt von 1.600 mm² geringer dimensioniert. Beide Erdkabel sind dabei als Aluminiumkabel ausgeführt und damit im verwendeten Leitermaterial direkt miteinander vergleichbar. Trotz der kleineren Dimensionierung des Erdkabels Jochenstein-Ranna sind bei diesem Erdkabel höhere Materialkosten entstanden, die mit ein Grund für die höhere Investitionssumme gegenüber dem Erdkabel Projekt A darstellen. Hauptgrund der höheren Investitionssumme gegenüber dem Erdkabelprojekt Jochenstein-Ranna im Vergleich zum Erdkabel Projekt A stellen jedoch höhere Montage- und Tiefbaukosten dar. Entscheidend für die niedrigen Montage- und Tiefbaukosten des Erdkabels Projekt A im Vergleich zum Erdkabel Jochenstein-Ranna sind prinzipiell günstigere örtliche Verhältnisse, die sich im Wesentlichen in geringeren Kosten für den Tiefbau niederschlagen, jedoch auch die Materialkosten reduzieren.

Zusammenfassend ist die Investitionssumme des Erdkabels Jochenstein-Ranna für das entsprechende Gelände auch im Vergleich mit weiteren Erdkabelprojekten als typisch zu klassifizieren. Die Validierung verdeutlicht jedoch auch die hohe Abhängigkeit der Investition in Erdkabel von örtlichen Gegebenheiten. In spezifischen Fällen, insbesondere bei schwierigen Geländebedingungen, können Erdkabel auch höhere spezifische Investitionen, insbesondere in Form von erhöhten Tiefbaukosten erfordern.

⁹ Grund für den Vorzug von Aluminium vor Kupfer als Leitermaterial sind niedrigere Materialstückpreise. Jedoch sind ebenso größere Leiterquerschnitte erforderlich, um vergleichbare Übertragungsleistungen zu erzielen. Geringeren Materialstückpreisen bei Aluminium steht ein höherer Materialbedarf entgegen. Die Wahl des Leitermaterials ist damit eine betriebswirtschaftliche und technische Entscheidung des Netzbetreibers.

3.4.4 Nachvollziehbarkeit der wirtschaftlichen Parameter

Wir haben in den Örtlichkeiten der NetzOÖ Einsicht in Detailunterlagen zur Validierung der vorgelegten Investitionen für die beiden Projekte Partenstein-Ranna und Jochenstein-Ranna genommen, bzw. wurden uns auch Detailunterlagen zur Verfügung gestellt. Die von uns vorgenommenen Prüfungshandlungen und Abstimmungen mit Detailunterlagen bestätigen die vorgelegten Investitionen von Tabelle 1.

3.4.5 Weitere Projektcharakteristika mit Investitionsbezug

Im Folgenden werden relevante Aspekte mit einem engen Bezug zu den Investitionssummen von Freileitungen und Erdkabeln betrachtet.

3.4.5.1 Errichtungszeit

Die Errichtungszeit ist stark abhängig vom jeweiligen Projekt, insbesondere von der Länge des Trassenwegs und der Vielfalt zu überwindender örtlicher Beschränkungen und Hindernisse. Die technische Ausgestaltung der Stromleitung als Freileitung oder Erdkabel hat ebenso Auswirkungen auf die Errichtungszeit.

Freileitungen besitzen im Betrieb einen hohen Bedarf an freizuhaltender Fläche, die von betroffenen Grundstücksbesitzern nur noch eingeschränkt nutzbar ist. Darüber hinaus muss der Grundstücksbesitzer sowohl zum Bau als auch im Rahmen des Betriebs der Freileitung dem Netzbetreiber das Recht zur Zufahrt einräumen. Daher ergibt sich insbesondere bei Freileitungen die Notwendigkeit der Entschädigung der Grundstücksbesitzer. Dies zieht Verhandlungen mit den Grundstücksbesitzern mit sich, die die Errichtungszeit verlängern können. Der anschließende Bau kann aufgrund der einfachen Ausführung von Freileitungen zügig erfolgen. So sind lediglich begrenzte Tiefbauarbeiten als Grundlage für das Mastfundament erforderlich. Den Montagearbeiten bei der Errichtung der Masten schließt sich das Anbringen der Leiterseile an.

Erdkabel besitzen einen geringeren Bedarf an freizuhaltender Fläche und begrenzen daher den Bedarf an Entschädigungen an Grundstücksbesitzer im Vergleich zur Freileitungen. Daher lässt sich, im Vergleich zur Freileitung, von einem verminderten Zeitbedarf für Verhandlungen mit Grundstücksbesitzern, ausgehen. Zusätzlich sind Erdkabelanlagen größtenteils im öffentlichen Straßen- und Wegenetz verlegt und somit in Oberösterreich nicht zu entschädigen. Allerdings sind die Montage- und Tiefbauarbeiten bei Erdkabeln erheblich aufwendiger als bei Freileitungen. Grundsätzlich hängt die benötigte Zeit für Montage- und Tiefbauarbeiten, ebenso wie deren Aufwand, insbesondere von der Beschaffenheit der Trasse sowie der Verlegeart ab. Die durchschnittliche Montage- und Tiefbauzeit pro Kilometer bei einer direkten Verlegung in der Erde beträgt im Durchschnitt 1,5 Monate/km. Dieser Zeitraum beinhaltet das Öffnen des Grabens pro Stromkreis, das Verlegen der Kabel und das Schließen des Grabens. Dabei sind für das Verlegen des Erdkabels rund ein bis zwei Tage erforderlich.¹⁰ Der Umsetzungszeitraum für den Tiefbau, die Montage und die Verlegung des Erdkabel-Vergleichsprojekts Jochenstein-Ranna mit einer Länge von 4,9 km erstreckte sich vom Jahr 2012 bis ins Jahr 2018 und weist daher eine lange

¹⁰ ENTSO-E, Eurocabable: Gemeinsame Studie: Machbarkeit und technische Aspekte der Teilverkabelung von Höchstspannungsfreileitungen, 2011, S. 9

Errichtungszeit auf. Diese resultiert auskunftsgemäß aus saisonalen Bauzeiteinschränkungen, da der Donauradweg in der warmen Jahreszeit befahrbar bleiben sollte.

3.4.5.2 Netzintegration

Die zu bewertenden Ausführungsarten von Stromleitungen als Freileitungen und Erdkabel werden in die 110-kV-Spannungsebene integriert. Dabei erlaubt die gelöschte Betriebsweise der österreichischen 110-kV-Netze grundsätzlich keine Integration von Erdkabeln größerer Netzlängen ohne weitere Netzbetriebsmittel.

Die österreichischen Hoch- und Mittelspannungsnetze werden aufgrund betrieblicher Sicherheitserfordernisse mit Erdschlusskompensation betrieben. Dazu sind Erdschlusslöschspulen im Hochspannungsnetz verbaut. Tritt bei Störungen ein Erdschluss auf, wird automatisch ein Gegenstrom erzeugt, der den Erdschlussstrom minimiert. Der Störlichtbogen erlischt in den meisten Fällen selbstständig, sodass keine Unterbrechung der Stromversorgung erfolgt. Nachteil dieser Netzbetriebsweise ist eine physikalische Begrenzung der Netzlänge, die vom Erdschlussreststrom der Stromleitungen abhängig ist.

Erdkabel verursachen konstruktionsbedingt einen ca. 58 Mal höheren Erdschlussreststrom als eine Freileitung. Daher ist die maximale Netzlänge mit 37 km Erdkabel erreicht, während bei einer Ausführung als Freileitung eine maximale Netzlänge von 2.178 km zulässig ist.¹¹ Für längere Stromleitungen werden daher speziell im ländlichen Raum überwiegend 110-kV-Freileitungen errichtet. Erdkabel kommen hingegen für kurze Strecken in größtenteils dicht besiedelten Gebieten zum Einsatz.¹²

Kommen Erdkabel im ländlichen Raum über lange Strecken zum Einsatz, ist eine Integration in das bestehende Netz erforderlich. Dazu stellt Abart et al. weiterführend die technische Erforderlichkeit bezogen auf konkrete Ausbauprojekte in Oberösterreich dar¹³, welche von Fickert et al. bestätigt werden.¹⁴ In Abhängigkeit des Umfangs der nötigen Integration kommen folgende Integrationsmaßnahmen in Betracht:

- a) Beschaffung zusätzlicher Netzbetriebsmittel in Form von Trenntransformatoren
- b) Einrichtung von neuen Löschbezirken mit zusätzlicher Kopplung zur höheren Netzebene im 220-kV- oder 380-kV-Netz
- c) Umstellung der Netzbetriebsweise ohne Erdschlusskompensation

Die Beschaffung zusätzlicher Netzbetriebsmittel im Zusammenhang mit der Errichtung neuer Erdkabel ist die einfachste Variante der Netzintegration. So kann das Erdkabel durch die Installation von Trenntransformatoren an seinen Netzverknüpfungspunkten vom übrigen Hochspannungsnetz galvanisch getrennt werden. Diese Maßnahme lässt eine Aufrechterhaltung der derzeitigen Betriebsweise zu, macht allerdings zusätzliche Investitionen in Trenntransformatoren

¹¹ Abart et al.: Technischer Bericht: Netzverträglichkeit von Erdkabeln im gelöschten betriebenen 110-kV-Netz in Oberösterreich, 2018, S. 6

¹² Österreichs Energie: Positionspapier, 2013, S. 1

¹³ Abart et al.: Technischer Bericht: Netzverträglichkeit von Erdkabeln im gelöschten betriebenen 110-kV-Netz in Oberösterreich, 2018

¹⁴ Fickert et al.: Second Opinion betr. des Technischen Berichtes: Netzverträglichkeit von Erdkabeln im gelöschten betriebenen 110-kV-Netz in Oberösterreich, 2018

erforderlich. Die Investitionen liegen nach Studien bei 2,0¹⁵ bis 2,5 Mio. EUR¹⁶ pro Trenntransformator. Bei vier benötigten Trenntransformatoren betragen somit die Investitionen 8 bis 10 Mio. EUR. Nach Aussagen von Interviewpartnern betragen die Investitionen für vier Trenntransformatoren inklusive erweiterter Umbaumaßnahmen an bestehenden Umspannwerken insgesamt rd. 17 Mio. EUR. Diese Investitionen in zusätzliche Betriebsmittel sind der Höhe nach bedeutend für ein Erdkabel-Projekt und führen in Abhängigkeit der Erforderlichkeit zu erheblichen Mehrkosten gegenüber der Realisierung als Freileitung.

Eine zusätzliche Kopplung eines neuen Löschezirks zur Höchstspannungsebene kann ebenso die Betriebsweise des Hochspannungsnetzes mit Erdkabeln gewährleisten. Nach Aussagen von Interviewpartnern kann diese zusätzliche Kopplung erforderlich werden, wenn Trenntransformatoren für die Integration des Erdkabels alleine nicht ausreichend sind. Die Schaffung einer zusätzlichen Kopplung zur Höchstspannungsebene stellt einen bedeutenden Eingriff in die Netztopologie dar, für den die dazu notwendigen Investitionen nicht allgemein quantifizierbar sind. Projektabhängig kann die Schaffung zusätzlicher Netzverknüpfungspunkte mit dem Höchstspannungsnetz einen erheblichen Aufwand bis hin zur Errichtung neuer Stromleitungen und Umspannwerken bedeuten, der im Hinblick eines einzelnen konkreten Erdkabelprojekts in einer Gesamtbetrachtung nur schwer zu vertreten ist.

Bei der Überschreitung der technisch möglichen Netzlänge ist als Ausgleichsmaßnahme die prinzipielle Umstellung der technischen Betriebsweise des gesamten Hochspannungsnetzes möglich. Der Aufwand der Umstellung der technischen Betriebsweise ist im Rahmen dieses Gutachtens ebenso nicht quantifizierbar, da diese Umstellung das gesamte Hochspannungsnetz betrifft und alternative Ausgestaltungsmaßnahmen der Betriebsweise und der Versorgungssicherheit erfordert. Weiterhin kann der erforderliche Umstellungsaufwand nicht sinnvoll auf einzelne Netzausbauprojekte allokiert werden.

Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ableiten, dass Erdkabel tendenziell problematisch für die Netzintegration in das österreichische Hochspannungsnetz sind und bei Überschreitung bestimmter Längen zumindest Investitionen in zusätzliche netztechnische Betriebsmittel erforderlich sind, die aufgrund des Aufwands im Investitionsvergleich mit Freileitungen zusätzlich berücksichtigt werden müssen. Sind weitere Integrationsmaßnahmen erforderlich, die die Beschaffung zusätzlicher Netzbetriebsmittel überschreiten, so können diese in ihren Kostenimplikationen nicht allgemein abgeschätzt werden. Sollen weder die Netztopologie, noch die Betriebsweise des österreichischen Hochspannungsnetzes bedeutend verändert werden, stellen diese über die Beschaffung von Trenntransformatoren hinausgehenden, weiteren Integrationsmaßnahmen ein Ausschlusskriterium für die Ausführung neuer Stromleitungen als Erdkabel dar.

3.4.5.3 Lebensdauer

Die Kriterien der Lebensdauer und des Ersatzzeitpunktes werden im Rahmen des Investitionsvergleichs nur qualitativ bewertet, da zu Investitionen nur Kosten mit einmaligen Charakter im Rahmen der Projektierung und Errichtung der Stromleitung heranzuziehen sind. Im Vergleich

¹⁵ Brakelmann: Teilverkabelung im voralpinen und alpinen Raum, 2012, S. 64

¹⁶ Fickert et al.: Wissenschaftliches Gutachten 110kV-Leitungsverbindung Almtal-Kremstal, Endbericht, 2010, S. 239

zwischen Freileitungen und Erdkabeln ist es bedeutend, die unterschiedliche Lebensdauer zu berücksichtigen, die darüber entscheidet, zu welchem Zeitpunkt ein Ersatz der Stromleitung notwendig ist und damit neue Investitionen erforderlich werden.

Die Lebensdauer von Freileitungen liegt, basierend auf breiten Erfahrungswerten, bei rd. 80 Jahren. So war auskunftsgemäß auch die Freileitung Partenstein-Ranna, für welche nun die Ersatzinvestition getätigt wird, bereits 80 Jahre in Betrieb. Die Lebensdauer von Erdkabeln in der einzusetzenden Bauart als VPE-Hochspannungskabel wird üblicherweise auf der Basis von Schätzwerten mit rd. 40 bis maximal 50 Jahren angegeben¹⁷. Zu dieser Angabe liegen allerdings keine breiten Erfahrungswerte vor. So existieren in Europa keine VPE-Hochspannungskabel mit einem Alter von über 40 Jahren.¹⁸

Die Ausführung einer Stromleitung als Freileitung ermöglicht somit eine bedeutend höhere Lebensdauer der Stromleitung gegenüber ihrer alternativen Ausführung als Erdkabel. Erdkabel erfordern damit weit früher als Freileitungen erneute Investitionen im Rahmen ihres Ersatzes, welche bei einem Vergleich zwischen Freileitungen und Erdkabeln berücksichtigt werden müssen.

3.4.5.4 Finanzierungskosten

Finanzierungskosten gilt es bei den durchzuführenden Investitionen ebenso zu berücksichtigen. Sie sind grundsätzlich abhängig von der Höhe der Finanzierung sowie der Strukturierung und Laufzeit. Projekte mit höheren Investitionssummen erfordern einen höheren Finanzierungsbedarf, welcher grundsätzlich mit höheren Finanzierungskosten einhergeht. Im Vergleich zwischen Erdkabeln und Freileitungen verursachen daher Erdkabel mit ihren höheren Investitionssummen auch höhere Finanzierungskosten.

3.4.6 Zusammenfassung Investitionsvergleich anhand österreichischer Projekte

Aus dem Investitionsvergleich anhand konkreter Freileitungs- und Erdkabelprojekte wird ersichtlich, dass sich wesentliche Unterschiede in den Investitionssummen aufgrund projektindividueller Rahmenbedingungen ergeben. Hier sind insbesondere die technologische Ausführungsart als Freileitung oder Erdkabel sowie die geographischen und geologischen Besonderheiten des Trassenwegs entscheidend für die Höhe der Investitionen.

Das maßgebliche quantitative Vergleichskriterium der beiden technischen Ausführungsarten der Freileitung und des Erdkabels stellt der Mehrkostenfaktor für Erdkabel dar. Dieser gibt im Vergleich den Mehr- oder Minderbedarf an Investitionen für eine Ausführung als Erdkabel gegenüber einer technischen Ausführung als Freileitung an. Im quantitativen Variantenvergleich zwischen der Freileitung Partenstein-Ranna und dem Erdkabel Jochenstein-Ranna wurden Unterschiede in den Materialkosten, den Montage- und Tiefbaukosten, den Servituts- und Entschädigungskosten, sowie der Engineering-Kosten herausgearbeitet, analysiert und bewertet. Es ergibt sich für den Variantenvergleich zwischen der Freileitung Partenstein-Ranna und dem Erdkabel Jochenstein-Ranna ein Mehrkostenfaktor für Investitionen in Erdkabel von 2,0.

¹⁷ ▶Hofmann: Einsatz von Erdkabeln und Freileitungen in Hochspannungs-Drehstrom- und -Gleichstrom-Übertragungssystemen, 2015, S. 32

¹⁸ Novitzkij et al.: Metastudie über Merkmale von Freileitungen und Erdkabelleitungen, 2011, S. 14

In Tabelle 4 werden die Kostenbestandteile der Investition der exemplarischen Projekte dargestellt. Für den Vergleich wurden alle Kostenbestandteile auf einen Leitungskilometer bezogen. Eine Ableitung eines konkreten Mehrkostenfaktors anhand dieser fünf Projekte wurde aufgrund der geringen Anzahl an Projekten mit verschiedenen technischen und topografischen Gegebenheiten nicht vorgenommen. Diese dienen zur Validierung des vorhin ermittelten Mehrkostenfaktors des Erdkabels Jochenstein-Ranna im Vergleich zur Freileitung Partenstein-Ranna.

	Detaillierter Vergleich		Validierung der Investitionssumme				
	Jochenstein-Ranna	Partenstein-Ranna	Freistadt-Rainbach	Wallsee-Baumgartenberg	Pichling-Traunau	Projekt A	Projekt B
	Erdkabel	Freileitung	Freileitung	Freileitung	Erdkabel	Erdkabel	Freileitung
	(TEUR/km)	(TEUR/km)	(TEUR/km)	(TEUR/km)	(TEUR/km)	(TEUR/km)	(TEUR/km)
Materialkosten	510	151	n.a.	n.a.	n.a.	451	50
Montage- und Tiefbaukosten	550	241	n.a.	n.a.	n.a.	464	239
Servituts- und Entschädigungskosten	20	139	n.a.	n.a.	n.a.	26	132
Engineering-Kosten	160	81	n.a.	n.a.	n.a.	99	57
Investitionssumme je km	1.240	612	916	622	1.355	1.040	478

Tabelle 4: Übersicht der spezifischen Investitionssummen und der Kostenbestandteile für die exemplarischen Investitionsprojekte je km

Eine weitere Validierung des Mehrkostenfaktors für Investitionen erfolgte anhand fünf weiterer Projekte, zu denen uns teilweise nur die Investitionssummen vorliegen. Diese führt zu der Erkenntnis, dass auch die örtlichen Gegebenheiten des Trassenwegs einen maßgeblichen Treiber der Investitionssumme darstellen. Neigung und Felsanteil, jedoch ebenso Erfordernisse von Siedlungsgebieten und Wasserschutzgebieten, inklusive Asphaltübergriffen, Asphaltentsorgung und Oberflächenwiederherstellung stellen generell Herausforderungen an die Errichtung von Stromleitungen dar, die die Investitionssumme projektindividuell treiben können. Entsprechende Treiber der Montage und Tiefbaukosten konnten dabei sowohl bei Freileitungen, als auch bei Erdkabeln festgestellt werden.

Im engen Zusammenhang mit den Investitionen und dem Vergleich zwischen Freileitungen und Erdkabeln lassen sich weitere Projektcharakteristika identifizieren und qualitativ bewerten. So ist die Betriebsweise des österreichischen Hochspannungsnetzes nicht auf die Integration von Erdkabeln mit bedeutender Länge ausgelegt. Zur Aufrechterhaltung der Betriebsweise sind bei Erdkabeln, die eine bestimmte Länge überschreiten, zusätzliche Netzbetriebsmittel in Form von Trenntransformatoren notwendig, die einen bedeutenden Mehrbedarf an Investitionen bedeuten.

Des Weiteren wird die Lebensdauer von Freileitungen und Erdkabeln betrachtet. Demnach weisen Erdkabel mit prognostizierten 40 bis 50 Jahren gegenüber Freileitungen mit rd. 80 Jahren eine reduzierte Lebensdauer auf.

3.5 Vergleichsanalyse der Investitionen und Betriebskosten anhand Studien

Zur Einordnung der im vorangegangenen Abschnitt bestimmten Mehrkostenfaktoren erfolgt eine Auswertung bestehender Studien. Dazu wurden aufgrund identischer Netzinfrastruktur vorrangig Studien aus dem deutschsprachigen Raum hinsichtlich der jeweiligen Mehrkostenfaktoren für:

- Investitionen
- Betriebskosten
- Gesamtkosten

analysiert. Dabei wurden die wesentlichen Treiber identifiziert, die die Abweichungen der Mehrkostenfaktoren erklären. Die für die Analyse genutzten Studien bestehen aus sieben Publikationen für die 110-kV-Spannungsebene, welche sich über einen Veröffentlichungszeitraum von den Jahren 2004 bis 2017 erstrecken.

3.5.1 Investitionen

In den ausgewerteten Studien werden unterschiedliche Bandbreiten der Mehrkostenfaktoren für Investitionen angegeben, wie in Abbildung 1 dargestellt. So wurden die Mehrkostenfaktoren für Investitionen auf der 110-kV-Spannungsebene in einer Bandbreite von 1,9 bis 4,5 ausgewiesen. Im Durchschnitt ergibt sich aus allen zu Grunde gelegten Studien ein Mehrkostenfaktor für Investitionen von 3,1.

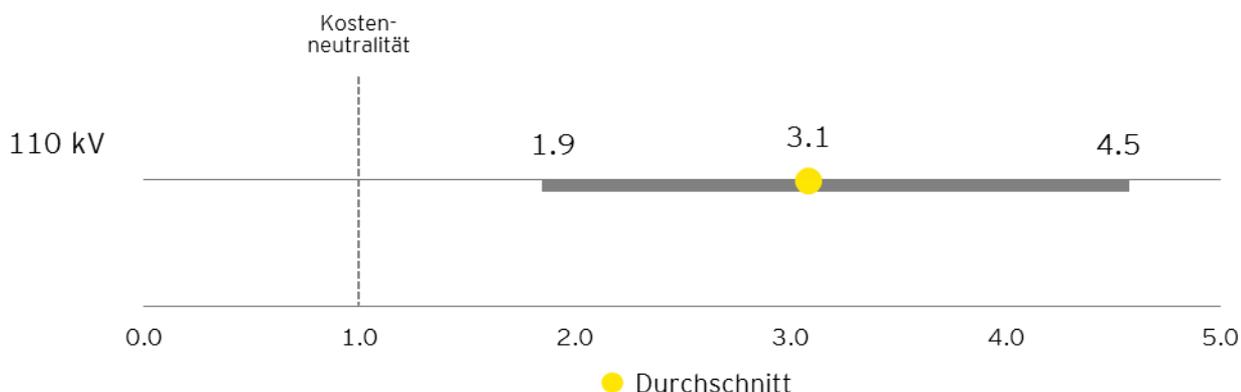


Abbildung 1: Bandbreite der Mehrkostenfaktoren für Investitionen auf der 110-kV-Spannungsebene (EY Analyse)

Die aufgezeigten Mehrkostenfaktoren für Investitionen beruhen maßgeblich auf den Materialkosten sowie den Montage- und Tiefbaukosten. Zu diesen Kostenarten wurden in einem Teil der ausgewerteten Studien detaillierte Erkenntnisse dargestellt.

Die Materialkosten werden maßgeblich durch die Wahl des Leitermaterials beeinflusst, wie bereits in Kapitel 3.2.2.2 ausgeführt. Auf der 110-kV-Spannungsebene kostet das Erdkabel mit

Kupferleiter ca. das 1,3-fach gegenüber einem vergleichbaren Erdkabel mit Aluminiumleiter.¹⁹ Dabei sind die materialabhängige Preisentwicklung und Preisschwankungen zu berücksichtigen. Neben dem Preis des Erdkabels sind auch die technischen Eigenschaften des Leitermaterials zu berücksichtigen.

Wie bereits in Kapitel 3.2.2.3 ausgeführt, bestimmen neben den Materialkosten auch die Montage- und Tiefbaukosten die Investitionssumme. Die Tiefbaukosten werden maßgeblich durch die geologischen und geographischen Gegebenheiten beeinflusst. Die Studien unterscheiden sich stark hinsichtlich der Kostendetaillierung von Tiefbaukosten. Aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit von Studien mit einer Detaillierung von Tiefbaukosten auf der 110-kV-Spannungsebene werden zusätzlich Studien auf der 380-kV-Spannungsebene untersucht, die Rückschlüsse auf Tiefbaukosten der 110-kV-Spannungsebene zulassen. In einer Studie im Bereich von 380-kV-Spannungsebene wird für Abschnitte mit herausfordernden örtlichen Gegebenheiten durchschnittlich das 2,5-fache der Tiefbaukosten einschließlich der Erdkabellegung gegenüber Abschnitten mit einfachen örtlichen Gegebenheiten angenommen. Die Tiefbaukosten hängen maßgeblich von den örtlichen Gegebenheiten und dem damit zusammenhängenden Aufwand ab.²⁰ Unterstrichen wird dieser Zusammenhang durch eine Studie, welche sich insbesondere auf die örtlichen Gegebenheiten des österreichischen voralpinen und alpinen Raums fokussiert. Dabei wird der hohe Einfluss örtlicher Gegebenheiten auf den Mehrkostenfaktor für Investitionen verdeutlicht. Für den österreichischen voralpinen und alpinen Raum wurden demnach Mehrkostenfaktoren von 10,2 bis 10,6 bestimmt, welche sich in der Höhe insbesondere auf die voralpine und alpine Trassenführung zurückführen lassen.²¹ Aufgrund von zusätzlichen Anforderungen für Tiefbauarbeiten und die Kabelverlegung von Erdkabeln der 380-kV-Spannungsebene weisen solche Projekte bis zu 60 % der Investitionen für Tiefbauarbeiten aus.²² Für Erdkabel der 110-kV-Spannungsebene weisen die untersuchten Studien hingegen nur 30 bis 38 % der Investitionen für Tiefbaukosten aus unter Einbezug der Kosten für Montage und Garnituren aus.²³ Eine Studie geht davon aus, dass sich die Tiefbaukosten alleine auf 45 % der Investitionssumme belaufen.²⁴ In Abhängigkeit der örtlichen Geländebeschaffenheit ergeben sich große Unterschiede in resultierenden Tiefbaukosten. So fallen beispielsweise bei Grabungen in hügeligen landwirtschaftlichen Nutzflächen im Vergleich zu ebenen Begebenheiten die doppelten Tiefbaukosten an. In Wäldern verdreifachen sich die Kosten zu ebenen Begebenheiten unter sonst gleichen Bedingungen. Werden statt Grabungen Bohrungen erforderlich, steigen die Tiefbaukosten in erheblichem Maße. So sind bei Bohrungen in Längsrichtung zu bestehenden Straßen im Vergleich zu ebenen Begebenheiten ohne Hindernisse 13-fache Tiefbaukosten realistisch.²⁵

Bedeutung für die Höhe der Investitionen von Erdkabeln und Freileitungen hat ebenso die Länge des Trassenwegs. So kann der Trassenweg einzelner Projekte in Abhängigkeit der technischen

¹⁹ Hofmann, Oswald: Gutachten zum wirtschaftlichen Vergleich von Kabeln, Freileitungen im 110-kV-Hochspannungsbereich, 2011, S. 9

²⁰ Zillmer et al.: Machbarkeitsuntersuchung zur Gesamt- oder Teilverkabelung der 380-kV-Leitung, 2008, S. 179

²¹ Brakelmann: Teilverkabelung im voralpinen und alpinen Raum, 2012, S. 129

²² ENTSO-E, Europacable: Gemeinsame Studie: Machbarkeit und technische Aspekte der Teilverkabelung von Höchstspannungsleitungen, 2011, S. 20

²³ Hofmann, Oswald: Gutachten zum wirtschaftlichen Vergleich von Kabeln, Freileitungen im 110-kV-Hochspannungsbereich, 2011, S. 9

²⁴ envia Mitteldeutsche Energie AG: Neubau 110-kV-Hochspannungsfreileitung Abzw. Oberelsdorf, Vergleichsrechnung zur Bewertung einer alternativen Verkabelung, 2017, S. 10

²⁵ Brakelmann: Teilverkabelung im voralpinen und alpinen Raum, 2012, S. 117 ff.

Ausführungsform als Erdkabel bzw. Freileitung stark abweichen und unterschiedliche Längen des Trassenwegs ergeben.²⁶ Um Erdkabel bspw. entlang bestehender Straßen führen zu können, ergibt sich nach Aussagen von Interviewpartnern erfahrungsgemäß eine bis zu 20 oder 30 % längere Streckenführung, die damit erhöhend auf die Investitionen und folglich den Mehrkostenfaktor wirkt. Auch führt die Wahl des gelindesten Mittels zur Vermeidung von Enteignungen von Grundstückseigentümern unter Umständen dazu, dass Umwege in der Streckenführung zu einer Erhöhung der Investition führen. Die Literaturanalyse bestätigt den prinzipiell längeren Trassenweg bei Erdkabeln im Vergleich zu Freileitungen, der beispielsweise um rd. 10 %²⁷ oder 15 %²⁸ länger eingeschätzt wird.

Zur Untersuchung von Kostendegressionen zu Erdkabeln und Freileitungen auf der 110-kV-Spannungsebene liegen Aussagen der APG vor, die den Median der Mehrkostenfaktoren von Erdkabeln bei realisierten Projekten in den Jahren von 2004, 2011, 2016 und 2018 bestimmt hat. Der Median an Mehrkostenfaktoren von Erdkabeln schwankt dabei im gesamten Betrachtungszeitraum leicht um 3,0, mit einem Minimum von 2,5 im Jahr 2011 und einem Maximum von 3,5 im Jahr 2016. Im Jahr 2018 liegt der Wert nur geringfügig unterhalb von 3,0 und damit nur unwesentlich niedriger als im Jahr 2004, welches einen Median von 3,0 aufweist. Daher ist kein Trend zu Kostendegressionen bei Erdkabeln im Vergleich zu Freileitungen zu erkennen.

3.5.2 Betriebskosten

Wie bei den Investitionen, werden in den ausgewerteten Studien unterschiedliche Bandbreiten der Mehrkostenfaktoren für Betriebskosten von Erdkabeln im Vergleich zu Freileitungen angegeben. Die Studien weisen Unterschiede bei den Mehrkostenfaktoren für Betriebskosten auf, wie in Abbildung 2 dargestellt. So werden die Mehrkostenfaktoren für Betriebskosten auf der 110-kV-Spannungsebene in einer Bandbreite 0,2 bis 0,7 ausgewiesen. Im Durchschnitt ergibt sich aus allen zu Grunde gelegten Studien ein Mehrkostenfaktor für Betriebskosten von 0,4.

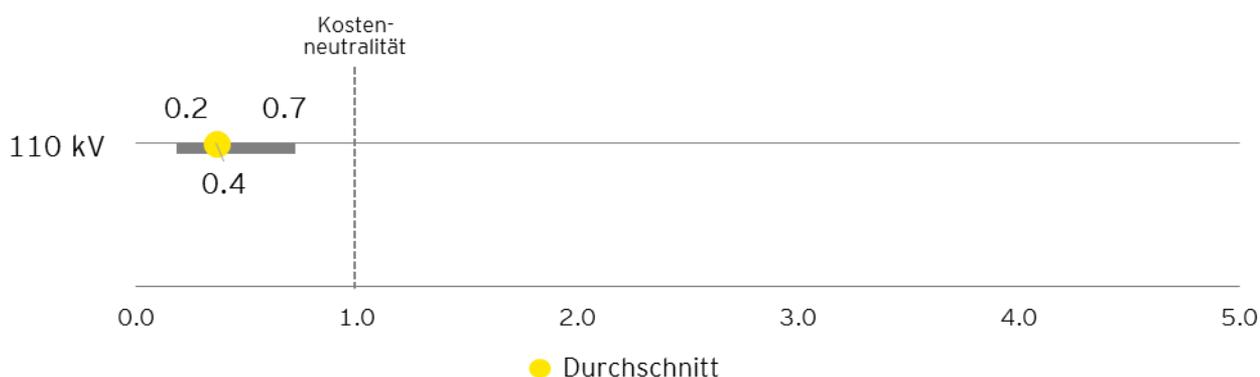


Abbildung 2: Bandbreite der Mehrkostenfaktoren für Betriebskosten auf der 110-kV-Spannungsebene (EY Analyse)

²⁶ Brakelmann: Teilverkabelung im voralpinen und alpinen Raum, 2012, S. 132

²⁷ envia Mitteldeutsche Energie AG: Neubau 110-kV-Hochspannungsfreileitung Abzw. Oberelsdorf, Vergleichsrechnung zur Bewertung einer alternativen Verkabelung, 2017, S. 11, 17

²⁸ Brakelmann: Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel?, 2004, S. 118

Hinsichtlich der Unterschiede in den Betriebskosten von Freileitungen gegenüber Erdkabeln lassen sich in den untersuchten Studien folgende Kostenbestandteile identifizieren, die in den durchgeführten Wirtschaftlichkeitsanalysen unter Betriebskosten zusammengefasst werden:

- Instandhaltungskosten
- Reparaturkosten (ungeplante Maßnahmen)
- Kosten für Netzverluste
- Kosten für Nichtverfügbarkeit

Die Kostenbestandteile werden dabei in den Studien jedoch höchst unterschiedlich in Umfang und Granularität berücksichtigt.

Aufgrund der technischen Bauart von Erdkabeln mit kunststoffisolierten Hochspannungskabeln, fallen bei Erdkabeln grundsätzlich geringere Instandhaltungskosten im Vergleich zu äquivalenten Freileitungen an. So fallen zur Überprüfung der Spannung, der Überspannungsableiter, der Kabelendverschlüsse und bei der Durchführung von Mantel- und Teilentladungsprüfungen, sowie der Kontrolle der Kabeltrasse entsprechende Instandhaltungskosten an. Im Gegensatz dazu ist für Freileitungen eine regelmäßige Inspektion des Leitungszustands und der Trassensituation notwendig, die zu dem 4-fachen an Instandhaltungskosten gegenüber Erdkabelsystemen führen.²⁹ Aussagen von Interviewpartnern zufolge gibt es in Österreich keine expliziten Vorgaben, in welchen Intervallen Trassenbegehungen zu erfolgen haben, sodass daraus keine eindeutige Information in Hinblick auf Mehrkosten gewonnen werden kann. Gemäß der Auskunft der Netz OÖ und LINZ NETZ werden sowohl bei 110-kV Erdkabel als auch Freileitung jährliche Begehungen der Leitungstrassen durchgeführt, sodass hier mit in etwa gleichen Kosten gerechnet werden kann. In einer anderen Studie wird analog angenommen, dass die Instandhaltungskosten für Freileitung- und Erdkabelsysteme annähernd gleiche jährliche Kosten darstellen und daher für eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsanalyse zu vernachlässigen sind.³⁰

Die Reparaturkosten für ungeplante Maßnahmen werden üblicherweise bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse nicht berücksichtigt, da Schadensfälle und die damit einhergehenden Reparaturkosten nicht prognostizierbar sind.³¹

Im überwiegenden Teil der ausgewerteten Studien werden die Netzverlustkosten, die anhand des Strompreises beziffert werden, als wesentlicher Bestandteil eines Vergleichs der Betriebskosten von Erdkabeln und Freileitungen angesehen.³² Da Erdkabel einen geringeren ohmschen Widerstand haben als Freileitungen, weisen Erdkabel auch geringere Netzverluste als Freileitungen auf.³³ Netzverluste steigen dabei mit der zu übertragene Leistung und sind damit abhängig von

²⁹ Brakelmann: Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel?, 2004, S. 34

³⁰ Hofmann, Oswald: Gutachten zum wirtschaftlichen Vergleich von Kabeln, Freileitungen im 110 kV-Hochspannungsbereich, 2011, S. 8

³¹ Hofmann, Oswald: Gutachten zum wirtschaftlichen Vergleich von Kabeln, Freileitungen im 110 kV-Hochspannungsbereich, 2011, S. 8

³² Die Netzverluste bestehen aus stromabhängigen und spannungsabhängigen Verlusten. Bei Erdkabeln kommen zusätzlich Kompensationsverluste durch den Einsatz von erforderlichen Blindleistungskompensations- und Erdschlusslöschspulen hinzu. Der Höhe nach vergleichsrelevant sind ausschließlich die stromabhängigen Netzverluste. Die in Studien ausgewiesenen Netzverluste beziehen sich oftmals ausschließlich auf die stromabhängigen Verluste.

³³ Hofmann, Oswald: Gutachten zum wirtschaftlichen Vergleich von Kabeln, Freileitungen im 110 kV-Hochspannungsbereich, 2011, S. 13

der tatsächlichen Auslastung der Stromleitung.³⁴ Die durch Erdkabel gegenüber Freileitungen realisierbaren Einsparungen der Netzverluste setzen daher eine möglichst hohe tatsächliche Auslastung voraus, wie sie beispielsweise bei Kraftwerksanschlussleitungen gegeben sein kann. Fällt hingegen die tatsächliche Auslastung des Erdkabels geringer aus, sind Einsparungen in den Netzverlusten gegenüber der Freileitung nur eingeschränkt realisierbar und daher vernachlässigbar. Eine Studie führt dazu aus, dass gerade bei geringen Übertragungsleistungen die geringeren Übertragungsverluste des Erdkabels gegenüber einer Freileitung keine Investition in eine Erdkabelauführung rechtfertigt.³⁵ Ferner erhöhen bei Erdkabeln projektabhängig gegebenenfalls erforderliche Netzbetriebsmittel zur Netzintegration nach Kapitel 3.4.5.2 die Netzverluste. So steigert der Betrieb von Trenntransformatoren die Netzverluste und damit die Betriebskosten in bedeutender Höhe.³⁶ Interviewpartner sehen fallweise bei Erdkabeln mit Trenntransformatoren gar insgesamt höhere Netzverluste als bei Freileitungen.

Kosten der Nichtverfügbarkeit beinhalten den entstehenden Schaden, wenn eine Stromleitung nicht für den Betrieb zur Verfügung steht, beispielsweise bei Reparaturen. Diese Kosten können in einem Vergleich zwischen Erdkabeln und Freileitungen grundsätzlich mit berücksichtigt werden.³⁷ Lediglich einige Studien mit dem Fokus auf die 380-kV-Spannungsebene beziehen die Kosten für die Nichtverfügbarkeiten mit ein. Erdkabel zeichnen sich durch eine erschwerte und längere Instandsetzungs- oder Reparaturzeit im Vergleich zu Freileitungen aus, die zu deutlich höheren Nichtverfügbarkeiten führen.³⁸

Zusammenfassend weisen Erdkabel mit Sicht auf die Betriebskosten Kostenvorteile auf, die in allgemein geringeren Instandhaltungskosten sowie in geringeren Netzverlustkosten begründet liegen. Die Realisierung dieser Kostenvorteile ist in der Praxis allerdings von betrieblichen Rahmenbedingungen abhängig, wie beispielsweise Trassenbegehungsplänen und der Auslastung der Stromleitung. Kosten der Nichtverfügbarkeit und ungeplante Reparaturkosten sind quantitativ nur eingeschränkt zu vergleichen und werden von vielen Studien nicht in einen Vergleich mit einbezogen.

3.5.3 Gesamtkosten

Die Gesamtkosten fassen sowohl die Investitionen als auch die Betriebskosten in den Vergleich von Erdkabeln mit Freileitungen mit ein. Der Mehrkostenfaktor für Gesamtkosten ermöglicht damit eine kombinierte Betrachtung der Mehrkostenfaktoren für Investitionen und Betriebskosten.

Die ausgewerteten Studien geben unterschiedliche Bandbreiten der Mehrkostenfaktoren für Gesamtkosten an. So wird für die Mehrkostenfaktoren für Gesamtkosten auf der 110-kV-Spannungsebene eine Bandbreite von 1,2 bis 4,3 ausgewiesen. Im Durchschnitt ergibt sich aus allen zu Grunde gelegten Studien ein Mehrkostenfaktor für Gesamtkosten von 2,9.

³⁴ Hofmann: Technische Randbedingungen beim Einsatz und Betrieb von Freileitungen und Erdkabeln, 2009, S. 49

³⁵ Fickert et al.: Wissenschaftliches Gutachten 110kV-Leitungsverbindung Almtal-Kremstal, Endbericht, 2010, S. 114

³⁶ Brakelmann: Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel?, 2004, S. 66-67

³⁷ Kosten der Nichtverfügbarkeit können grundsätzlich nur mit Unsicherheiten quantifiziert und nachvollzogen werden, da eine ganzheitliche Betrachtung des Netzes erforderlich ist. Ihre regulatorische Abbildung erfolgt bspw. in Deutschland lediglich indirekt über das Qualitätselement.

³⁸ Hofmann, Oswald: Gutachten zum wirtschaftlichen Vergleich von Kabeln, Freileitungen im 110 kV-Hochspannungsbereich, 2011, S. 13

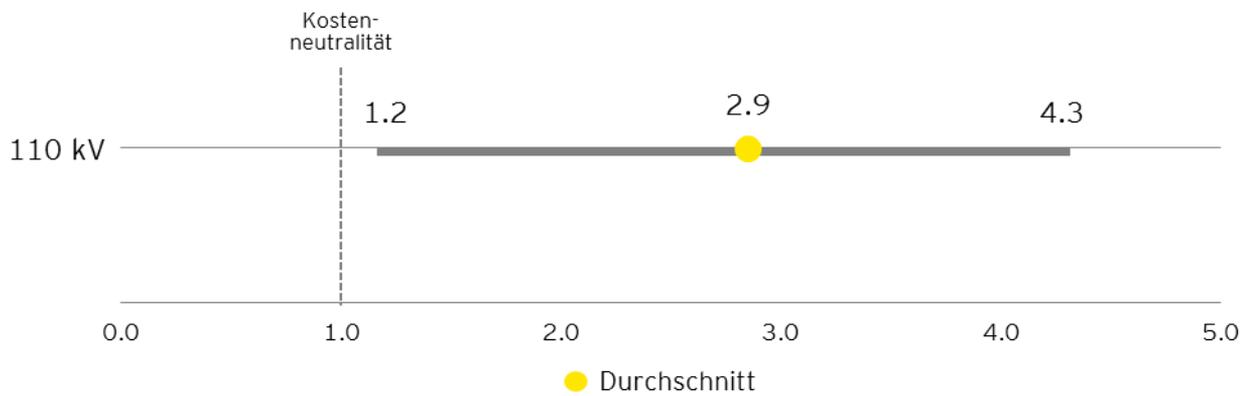


Abbildung 3: Bandbreite der Mehrkostenfaktoren für Gesamtkosten auf der 110-kV-Spannungsebene (EY Analyse)

Die Mehrkostenfaktoren für Gesamtkosten sind geringer als die Mehrkostenfaktoren für Investitionen alleine betrachtet. In der Gesamtsicht wirken die geringeren Mehrkostenfaktoren für Betriebskosten den höheren Mehrkostenfaktoren für Investitionen entgegen.

3.5.4 Zusammenfassung der Studienergebnisse

Auf der Grundlage von Analysen von Studien für die 110-kV-Spannungsebene wird ersichtlich, dass Mehrkostenfaktoren für Erdkabel das Vergleichskriterium für einen Investitions- und Betriebskostenvergleich mit Freileitungen darstellen.

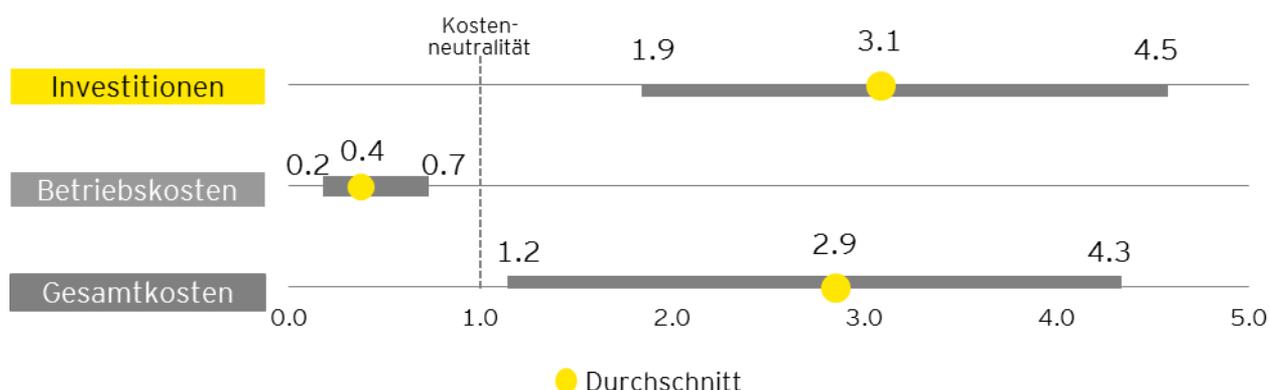


Abbildung 4: Gegenüberstellung der Bandbreiten und Durchschnitte der Mehrkostenfaktoren für Investitionen, Betriebskosten und Gesamtkosten auf der 110-kV-Spannungsebene (EY Analyse)

Demnach sind für Erdkabel der 110-kV-Spannungsebene mit einem durchschnittlichen Mehrkostenfaktor aus allen zu Grunde gelegten Studien von 3,1 bedeutend höhere Investitionen erforderlich als für vergleichbare Freileitungen. Die niedrigeren Betriebskosten bei Erdkabeln gegenüber Freileitungen mit einem Mehrkostenfaktor von durchschnittlich 0,4 führen zu einem im Vergleich zu den Investitionen abgemilderten durchschnittlichen Mehrkostenfaktor für die Gesamtkosten aus allen zu Grunde gelegten Studien von 2,9.

Die gewichtigsten Kostentreiber bei Erdkabeln stellen in diesem Zusammenhang die höheren Materialkosten sowie die Tiefbaukosten dar. Dabei stellen Neigung und Felsanteil, jedoch ebenso Erfordernisse von Siedlungsgebieten und Wasserschutzgebieten, inklusive Asphaltübergriffen, Asphaltentsorgung und Oberflächenwiederherstellung Herausforderungen an die Errichtung von Stromleitungen aller Art dar, die die Investitionssumme projektindividuell treiben können. Besondere Bedeutung haben dabei Tiefbaukosten, die bei Erdkabeln in wesentlicher Höhe anfallen und einen erheblichen Mehrbedarf an Investitionen sowie auch an Errichtungszeit bedeuten, der den von Freileitungen bedeutend übersteigt.

Erdkabel sind in den Betriebskosten grundsätzlich günstiger als Freileitungen. Dies liegt in grundsätzlich geringeren Verlustkosten und Instandhaltungskosten begründet. Die Höhe der tatsächlich erzielbaren Kosteneinsparungen durch das Erdkabel gegenüber der Freileitung sind in der Praxis von betrieblichen Rahmenbedingungen abhängig, wie insbesondere einer hohen Auslastung der Stromleitung. Ebenso erhöhen projektabhängig zu beschaffende Betriebsmittel zur Netzintegration in Form von Trenntransformatoren die Betriebskosten von Erdkabel in bedeutender Höhe. Betriebskosten sind allgemein aufgrund ihrer geringen Höhe im direkten Vergleich mit den Investitionen von nachrangiger Bedeutung für die Auswahl der technologischen Ausführungsform. Die geringeren Betriebskosten des Erdkabels wirken somit den höheren Investitionen entgegen, können diese aber in der Gesamtkostensicht nicht bedeutend kompensieren.

3.6 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

3.6.1 Vergleichsergebnisse

Anhand zwei konkreter Ausbauprojekte wird ein Mehrkostenfaktor von Erdkabeln in Höhe von 2,0 gegenüber Freileitungen ermittelt. Die absolute Höhe der für den Mehrkostenfaktor zu Grunde gelegten Investitionen kann anhand von fünf weiteren konkreten Ausbauprojekten, für die vergleichbare Investitionssummen vorlagen, validiert werden.

Eine durchgeführte Analyse externer Studien stützt den ermittelten Mehrkostenfaktor für Investitionen. Demnach sind die Mehrkosten des Erdkabel-Vergleichsprojekts Jochenstein-Ranna mit einem Mehrkostenfaktor von 2,0 innerhalb der Bandbreite an Mehrkostenfaktoren der Analyse externer Studien von 1,9 bis 4,5 einzuordnen. Das Vergleichsprojekt liegt dabei im unteren Bereich der Bandbreite, deutlich unter dem Durchschnitt aus allen zu Grunde gelegten Studien von 3,1 und ist damit als vergleichsweise günstig in der technischen Ausführungsform als Erdkabel zu klassifizieren.

Die Mehrkosten von Investitionen in Erdkabel begründen sich dabei insbesondere durch höhere Materialkosten und Tiefbaukosten. Vor allem die Tiefbaukosten stehen in hoher Abhängigkeit zu den örtlichen Gegebenheiten des Trassenwegs und können daher insbesondere bei Erdkabeln einen bedeutenden Kostentreiber darstellen. Der Anteil der Tiefbaukosten an der Investitionssumme des Erdkabel-Vergleichsprojekts Jochenstein-Ranna ist mit 34 % im Vergleich mit externen Studien als niedrig einzustufen. Gestützt werden diese niedrigen Tiefbaukosten durch eine günstige Tiefbausituation aufgrund der örtlichen Gegebenheiten des Trassenwegs entlang der Donau.

Auch bei Freileitungen sind örtliche Gegebenheiten ein Treiber für Montage- und Tiefbaukosten, sowie die Materialkosten. Ein Tiefbau wird jedoch im Vergleich zu Erdkabeln nur stark eingeschränkt erforderlich und hat daher bei Freileitungen keine mit Erdkabeln vergleichbaren Implikationen als bedeutendster Kostentreiber eines Projekts. Freileitungen stellen aus Sicht der bedeutend geringeren notwendigen Investitionen gegenüber Erdkabeln die vorgezogene technische Ausführungsart dar.

Im engen Zusammenhang mit den Investitionen werden weitere Aspekte identifiziert, die Einfluss auf Investitionsentscheidungen haben. So erhöhen beispielsweise die zusätzlichen Investitionen im Rahmen der Netzintegration und die eingeschränkte Lebensdauer die Mehrkostenfaktoren von Erdkabeln. Diese Aspekte sind daher positiv für die Freileitung zu gewichten.

Betriebskosten werden im Rahmen der Analyse von externen Studien in den Vergleich mit einbezogen. Diese haben eine untergeordnete Bedeutung im Vergleich zu den Investitionen. Technologiebedingt verursachen Erdkabel der 110-kV-Spannungsebene grundsätzlich geringere Betriebskosten als Freileitungen. Geringere Betriebskosten wirken somit den höheren Investitionen entgegen, können diese aber aufgrund ihrer geringen Höhe im Vergleich zu den Investitionen in der Gesamtkostensicht nicht bedeutend kompensieren.

3.6.2 Ausbauprojekte in Oberösterreich

In Oberösterreich ist unter anderem die Errichtung einer 110-kV-Stromleitung im Gebiet Mühlviertel geplant. Neben der technischen Ausführungsform als Freileitung wird ebenso eine Ausführung als Erdkabel untersucht, welche im Folgenden basierend auf vorangegangenen Analysen hinsichtlich ihrer Mehrkosten analysiert wird.

Ausgangsbasis sind die im Abschnitt 3.4.2 dargestellten Investitionen je Leitungskilometer der beiden Vergleichsprojekte Partenstein-Ranna und Jochenstein-Ranna mit einem vergleichsweise geringen Mehrkostenfaktor für Investitionen in Erdkabel in Höhe von 2,0.

Anhand einer schrittweisen Ableitung der Faktoren

- A. Investitionen unter Berücksichtigung der Trassenführung
- B. zusätzliche Investitionen zur Netzintegration des Erdkabels

wird die Auswirkung auf den Mehrkostenfaktor im Falle einer Ausführung als Erdkabel untersucht.

In Schritt A. werden die Investitionen anhand der voraussichtlichen Leitungslänge bestimmt. Die Leitungslänge ist basierend auf Betreiberangaben für die Freileitung mit rd. 40 km projiziert, die Leitungslänge für das Erdkabel mit rd. 50 km. Es ergeben sich dadurch nach Tabelle 5 Investitionssummen für die Freileitung und das Erdkabel (Investitionssumme A) mit einem resultierenden Mehrkostenfaktor für Investitionen in Erdkabel in Höhe von 2,5.

In Schritt B. werden aufbauend auf den Investitionen der Vergleichsprojekte die Investitionen in zusätzlich notwendige Trenntransformatoren bei der Erdkabellosung miteinbezogen. Diese Trenntransformatoren werden zur Netzintegration des Erdkabels im Rahmen des Ausbauprojektes im Gebiet Mühlviertel erforderlich.³⁹ Insgesamt sind vier Trenntransformatoren zu beschaffen, wobei jeweils zwei pro Erdkabelsystem an den Enden des Erdkabels zu installieren sind. Neben den Materialkosten fallen Fremd- und Eigenleistungen im Rahmen von Umbauten in betroffenen Umspannwerken an. Es werden auf der Basis von vorgelegten Kosten aus der Vergangenheit, die auf das Jahr 2018 indexiert werden, insgesamt 17,2 Mio. EUR zusätzliche Investitionen für die Netzintegration des Erdkabels angenommen (Investitionssumme B). Diese zusätzlichen Investitionen werden auf die projizierte Kabelstrecke des Erdkabels umgelegt.

Es ergeben sich nach Tabelle 5 Investitionssummen für die Freileitung und das Erdkabel mit einem resultierenden Mehrkostenfaktor für Investitionen in Erdkabel in Höhe von 3,2.

³⁹ Abart et al.: Technischer Bericht: Netzverträglichkeit von Erdkabeln im gelöscht betriebenen 110-kV-Netz in Oberösterreich, 2018, S. 17

	Freileitung			Erdkabel			Mehrkostenfaktor
	Kosten je km (TEUR/km)	Leitungslänge (km)	Kosten (TEUR)	Kosten je km (TEUR/km)	Leitungslänge (km)	Kosten (TEUR)	
Investitionen Vergleichsprojekte (s. Abschnitt 3.4.2)	612			1.240			2,0
A. Investitionen unter Berücksichtigung der Trassenführung (Leitungslänge)							
Investitionssumme A	612	40	24.488	1.240	50	62.000	2,5
B. zusätzliche Investitionen zur Netzintegration (Trenntransformatoren)							
Materialkosten						8,245	
Fremdleistungen						8,073	
Eigenleistungen						800	
Investitionssumme B				342	50	17.118	
Investitionssumme unter Berücksichtigung A. Leitungslänge & B. Trenntransformatoren	612	40	24.488	1.582	50	79.118	3,2

Tabelle 5: Vergleichsrechnung Auswirkung Trassenführung und Trenntransformatoren auf den Mehrkostenfaktor Erdkabel-Freileitung für Ausbauprojekt im Mühlviertel

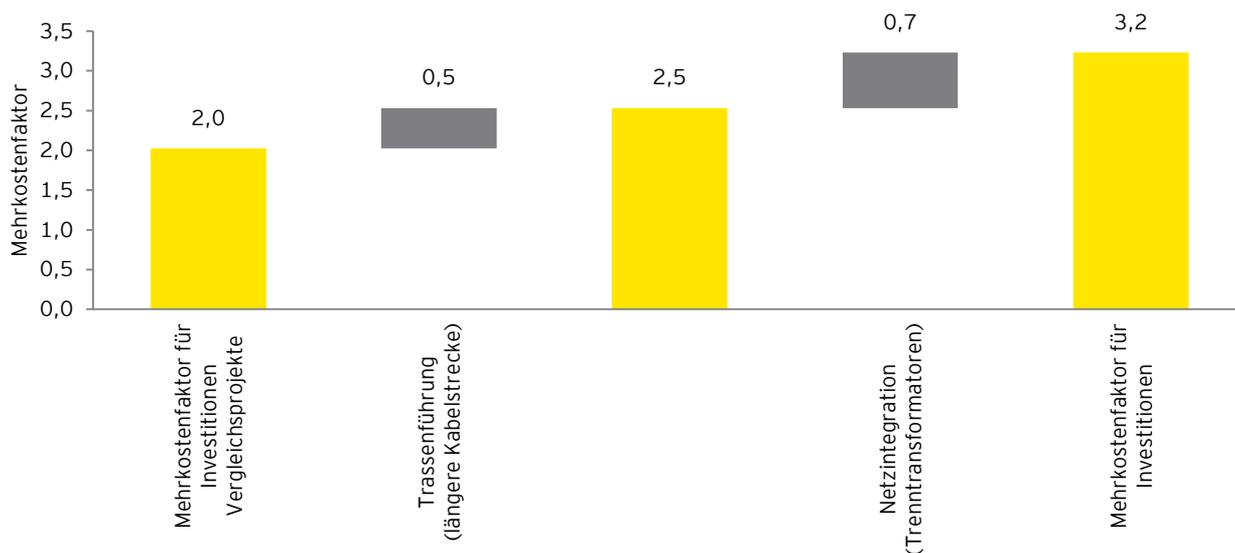


Abbildung 5: Treiber des Mehrkostenfaktors von Erdkabeln am Beispiel des Ausbauprojektes im Mühlviertel (EY Analyse)

Die Treiber des Mehrkostenfaktors für Erdkabel sind in Abbildung 5 dargestellt. Größte Auswirkungen auf den resultierenden Mehrkostenfaktor für Investitionen stellen demnach die Investitionen zur Netzintegration des Erdkabels in Form von Trenntransformatoren dar. Insgesamt erhöht sich der Mehrkostenfaktor für Investitionen in Erdkabel der Vergleichsprojekte unter der

zusätzlichen Berücksichtigung der Trassenführung in Form einer längeren Kabelstrecke und der zusätzlichen Investition in Betriebsmittel zur Netzintegration um 1,2.

Keine Berücksichtigung in dieser Analyse finden folgende weitere Aspekte, die ebenso Auswirkungen auf die Mehrkostenfaktoren für Investitionen entfalten. Es handelt sich dabei beispielsweise um die geringere technische Lebensdauer von Erdkabeln. Weiterhin treiben die Tiefbaukosten vor allem bei Erdkabeln die Investitionen und die Errichtungszeit projektindividuell.

4 Schlussfolgerung

Auftragsgemäß wurde ein Investitions- und Betriebskostenvergleich zwischen Freileitungen und Erdkabeln auf der 110-kV-Spannungsebene im ländlichen Raum durchgeführt. Dazu wurden für den Investitionsvergleich zwei konkrete Ausbauprojekte (Erdkabel Jochenstein-Ranna und Freileitung Partenstein-Ranna) detailliert miteinander verglichen und ein Mehrkostenfaktor des Erdkabels in Höhe von 2,0 gegenüber der Freileitung ermittelt.

Die Mehrkosten von Investitionen in Erdkabel begründen sich dabei insbesondere durch höhere Materialkosten und Tiefbaukosten. Vor allem die Tiefbaukosten stehen in hoher Abhängigkeit zu den örtlichen Gegebenheiten des Trassenwegs und können daher insbesondere bei Erdkabeln einen bedeutenden Kostentreiber darstellen.

Die absolute Höhe der für den Mehrkostenfaktor zu Grunde gelegten Investitionen konnte sowohl anhand externer Studien, als auch auf der Grundlage von fünf weiteren konkreten Ausbauprojekten validiert werden. Der Mehrkostenfaktor in Höhe von 2,0 liegt im unteren Bereich der Bandbreite externer Studien, deutlich unter dem Durchschnitt aus allen zu Grunde gelegten Studien von 3,1. Damit ist das Erdkabel Jochenstein-Ranna als vergleichsweise günstig zu klassifizieren.

In Oberösterreich ist unter anderem die Errichtung einer 110-kV-Stromleitung im Gebiet Mühlviertel geplant. Neben der technischen Ausführungsform als Freileitung wird ebenso eine Ausführung als Erdkabel untersucht.

Ausgehend vom vergleichsweise günstigen Mehrkostenfaktor von 2,0 des Erdkabelprojektes Jochenstein-Ranna werden schrittweise zwei investitionsbeeinflussende Faktoren, nämlich eine längere Kabelstrecke sowie die Netzintegration des Erdkabels in Form von Trenntransformatoren, miteinbezogen. Abbildung 6 verdeutlicht wesentliche Ergebnisse und Treiber der resultierenden Mehrkostenfaktoren für Investitionen in eine Erdkabelvariante. Demnach stellt sich ein Mehrkostenfaktor für Investitionen in Höhe von 3,2 ein.

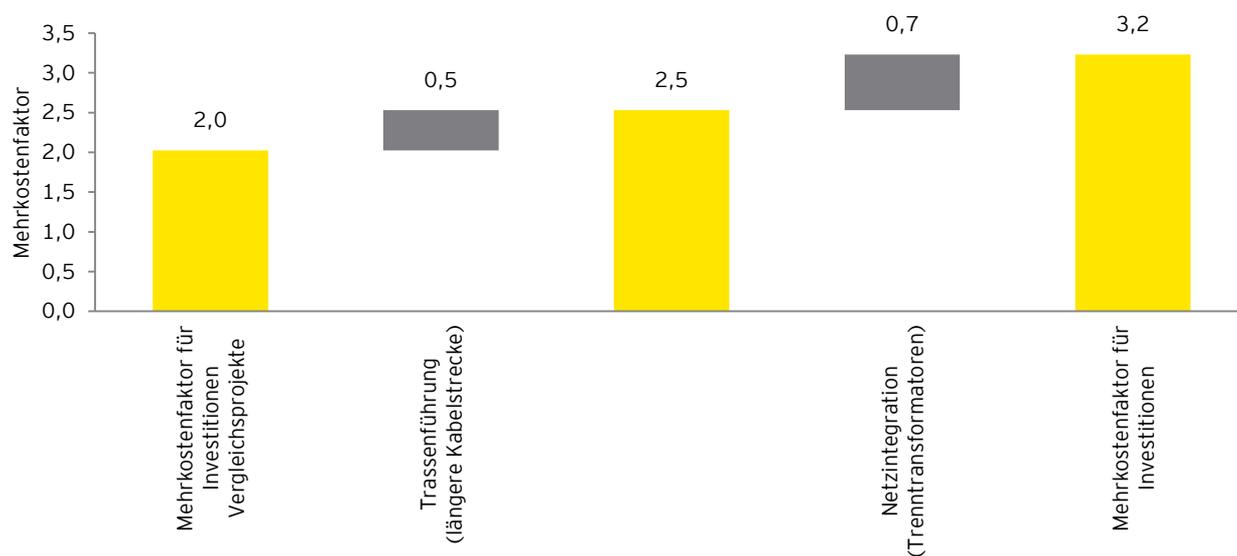


Abbildung 6: Treiber des Mehrkostenfaktors von Erdkabeln am Beispiel des Ausbauprojektes im Mühlviertel (EY Analyse)

Abbildung 7 ordnet den resultierenden Mehrkostenfaktor für Investitionen der Erdkabelvariante in die weiteren Analyseergebnisse ein. Der resultierende Mehrkostenfaktor von 3,2 liegt demnach leicht über dem Durchschnitt aller ausgewerteten externen Studien von 3,1 und liegt dadurch im Mittelfeld der beobachteten Mehrkostenfaktoren.

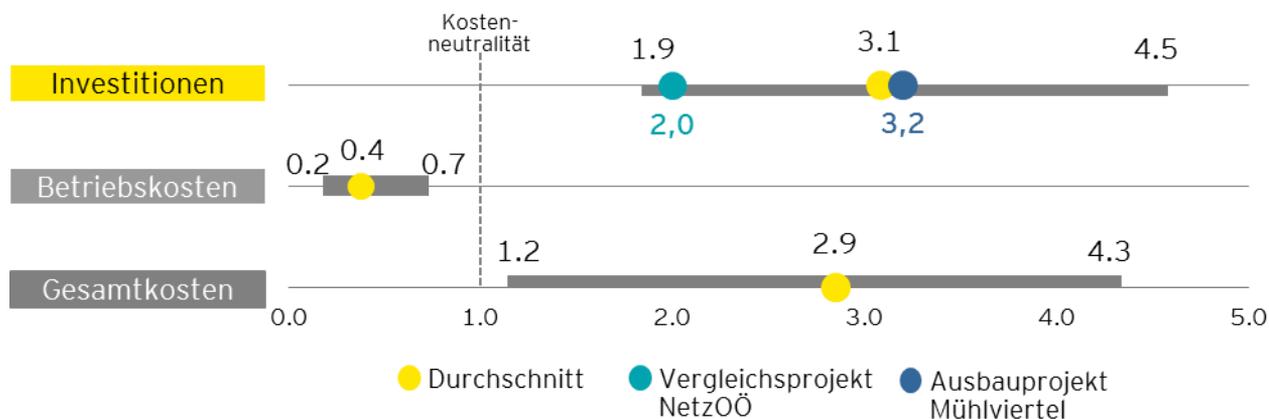


Abbildung 7: Mehrkostenfaktoren für Investitionen, Betriebskosten und Gesamtkosten auf der 110-kV-Spannungsebene anhand Studien und Mehrkostenfaktor der Investitionsprojektvergleiche (EY Analyse)

Anhand des Ausbauprojektes im Gebiet Mühlviertel kann allgemein festgestellt werden, dass projektspezifische Aspekte erheblichen Einfluss auf den Mehrkostenfaktor von Erdkabeln im Vergleich zu Freileitungen und damit auf Investitionsentscheidungen haben.

Generell stellen die Tiefbaukosten in Abhängigkeit des Trassenwegs einen projektindividuellen Kostentreiber dar. Auch die projektspezifischen zusätzlichen Investitionen im Rahmen der Netzintegration von Erdkabeln haben einen stark erhöhenden Effekt auf resultierende Mehrkostenfaktoren von Erdkabeln. Ferner ist im Vergleich die stark reduzierte technische Lebensdauer von Erdkabeln gegenüber Freileitungen zu berücksichtigen. Bei Erdkabeln sind daher zu vergleichsweise früheren Zeitpunkten höhere Reinvestitionen erforderlich. Die Tiefbaukosten, die Netzintegration und die geringere technische Lebensdauer führen daher zu zusätzlichen Investitionen bei Erdkabeln.

Erdkabel weisen im Vergleich zu Freileitungen grundsätzlich geringere Betriebskosten auf. Allerdings sind projektindividuelle Bedingungen entscheidend über Einsparvorteile der Betriebskosten des Erdkabels. Wird das Erdkabel beispielsweise mit wenig Auslastung betrieben oder sind zusätzliche Betriebsmittel zur Netzintegration erforderlich, reduzieren sich die Einsparvorteile der Betriebskosten und damit die Vorteilhaftigkeit des Erdkabels. Betriebskosten haben allerdings in der Gesamtkostenbetrachtung aufgrund ihrer geringen Höhe im Vergleich zu den Investitionen eine eingeschränkte Bedeutung für die Wahl der technischen Ausführungsform.

Freileitungen stellen aus Sicht des geringeren Gesamtkostenfaktors gegenüber Erdkabeln die betriebswirtschaftlich vorteilhaftere Ausführungsart dar.

Das Gutachten spiegelt den Stand der Erkenntnisse wider, die zum Zeitpunkt der Erstellung vorlagen. Eine Aktualisierung des Gutachtens ist nicht Gegenstand der Beauftragung und dementsprechend nicht vorgesehen. Eine Verpflichtung, diese auf neuere Erkenntnisse und Entwicklungen hinzuweisen, übernehmen wir nicht.

Unser Bericht wurde ausschließlich im Auftrag und im Interesse des Auftraggebers erstellt und bildet keine Grundlage für ein allfälliges Vertrauen anderer dritter Personen auf seinen Inhalt. Ansprüche anderer dritter Personen können daraus nicht abgeleitet werden, jegliche Haftung anderen Berichtsempfängern gegenüber ist ausdrücklich ausgeschlossen

Linz, im Dezember 2018

Mag. Erich Lehner
Wirtschaftsprüfer

Mag. Katharina Schrenk
Wirtschaftsprüferin

Ernst & Young
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft m.b.H., Wien

Literaturverzeichnis

Für dieses Gutachten wurden folgende Unterlagen aus öffentlichen Quellen herangezogen:

- 50Hertz Transmission GmbH: Technologien für den Stromtransport, 2012
- 999/519/EC: Empfehlung des Rates zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz), 1999
- Austrian Power Grid AG, LINZ STROM Netz GmbH, Netz Oberösterreich GmbH: Stromnetz-Masterplan Oberösterreich 2026, Planungsstand Juni 2016
- Brakelmann: Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel?, 2004
- Brakelmann: Teilverkabelung im voralpinen und alpinen Raum, 2012
- Bundesgesetz über die Prüfung der Umweltverträglichkeit (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz - UVPG, 2017
- Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG), 2010
- ENTSO-E, Europacable: Gemeinsame Studie: Machbarkeit und technische Aspekte der Teilverkabelung von Höchstspannungsfreileitungen, 2011
- envia Mitteldeutsche Energie AG: Neubau 110-kV-Hochspannungsfreileitung Abzw. Oberelsdorf, Vergleichsrechnung zur Bewertung einer alternativen Verkabelung, 2017
- envia Mitteldeutsche Energie AG: Neubau 110-kV-Hochspannungsfreileitung Abzw. Oberelsdorf, Erläuterungsbericht, 2017
- Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG), 2017
- Hofmann: Einsatz von Erdkabeln und Freileitungen in Hochspannungs-Drehstrom- und - Gleichstrom-Übertragungssystemen, 2015
- Hofmann: Technische Randbedingungen beim Einsatz und Betrieb von Freileitungen und Erdkabeln, 2009
- Hofmann, Oswald: Gutachten zum wirtschaftlichen Vergleich von Kabeln, Freileitungen im 110-kV-Hochspannungsbereich, 2011
- Hofmann: Gretchenfrage des Netzausbaus: Kabel oder Freileitung?, 2012
- Klobasa, Erge: Integration von Windenergie in ein zukünftiges Energiesystem unterstützt durch Lastmanagement, 2007
- Novitzkij et al.: Metastudie über Merkmale von Freileitungen und Erdkabelleitungen, 2011
- Oberösterreichisches Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (Oö EIWOG), 2006
- Oswald: Gutachten zur Bewertung einer alternativen Verkabelung im 110-kV-Netz, 2006
- Österreichs Energie: Positionspapier, 2013, Überarbeitung 2017
- Paul: Kabel oder Freileitung? Eine kontroverse Diskussion, 2007
- Ritter, Veigl: Aspekte des Projekts 380-kV-Salzburgleitung, 2007
- Wirtschaftskammer Österreich, Statistik Austria: Veränderungsdaten zum Baupreisindex ab 1996 in %, 2018
- Zillmer et al.: Machbarkeitsuntersuchung zur Gesamt- oder Teilverkabelung der 380-kV-Leitung, 2008