



Diplomarbeit

Die ökonomische Bewertung der Veränderung des Landschaftsbildes durch Hochspannungsleitungen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.rer.oec. Michael Getzner

E280/3 - Fachbereich Finanzwissenschaft und Infrastrukturpolitik
Department für Raumplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Thomas Lang
e0825701

Vorgartenstraße 134-138/2/16, A-1020 Wien

Wien, am 01. September 2014

Abstract

This diploma thesis deals with the economic valuation of landscape changes caused by power transmission lines. The objective of this paper is to evaluate the profitability of the use of partially underground cables as an alternative to overhead transmission lines. Underground cables result in minor external effects on the environment than overhead power lines. In particular underground cables preserve the landscape as well as regulatory approval procedures are less time consuming.

The initial point of the thesis is a potential underground cabling instead of overhead transmission lines in the commune 'St. Anton am Arlberg', a well known skiing area in the alps of Austria. There are several electric masts connecting three different transmission lines, which stress the landscape.

To evaluate the impact of the existing power lines, random tourists had to decide how much money they would be willing to pay more per vacation for underground cables.

Furthermore with the willingness-to-pay (WTP) and the consumer surplus of the trip frequency of the guests it is possible to identify the monetary benefit of the changed landscape.

To value and decide if through the comparison of the costs for an underground cabling and the benefit of the WTP as well as the consumer surplus it's easy to check, if there is an positive cost-benefit ratio over the expected service life of the cable.

Underground cabling projects are in general based on very high investment costs for the energy operator. Therefore such projects need an extra financing.

Normally through the use of part-underground cabling close to residential areas the public acceptability to transmission line construction is likely high.

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit untersucht die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes einer Teil-Erdverkabelung als Alternative zur Freileitung. Erdkabeln stellen eine geringere Beeinträchtigung für das Landschaftsbild dar und weisen in Summe wesentlich kleinere externe Effekte im Vergleich zu Freileitungen auf.

Die Tourismusgemeinde St. Anton am Arlberg wurde aufgrund der hohen Belastung durch die vorhandenen Hochspannungsleitungen als Beispiel für eine ökonomische Bewertung einer Erdverkabelung herangezogen.

Mit Hilfe der kontingenten Bewertungsmethode bewerteten die befragten Gäste anhand von Bildern mit und ohne Freileitungen das Landschaftsbild. Dabei konnte mit Hilfe der Zahlungsbereitschaft sowie der Konsumentenrente aus tatsächlicher und hypothetischer Reisehäufigkeit der Nutzen eines veränderten Landschaftsbildes ermittelt werden. Durch die Gegenüberstellung des kalkulierten Nutzens und den Kosten einer Erdverkabelung für St. Anton am Arlberg kann festgestellt werden, ob sich nach Ablauf der Nutzungsdauer der Kabel ein positives Nutzen-Kosten Verhältnis ergibt.

Üblicherweise sind Erdverkabelungsprojekte mit sehr hohen Investitionskosten verbunden, welche zumeist nicht alleine von den Netzbetreibern getragen werden können.

Generell kann im Stromleitungsbau durch den Einsatz von Erdkabeln in sensiblen Teilabschnitten mit Siedlungsannäherung die Akzeptanz in der Bevölkerung gesteigert werden. Dadurch lassen sich die durch den energiebedingten Ausbau der Stromübertragungsnetze entstehenden Proteste klein halten.

Geschlechterneutrale Formulierung

In dieser Arbeit wird die männliche Form in einem neutralen Sinne verwendet. Frauen und Männer werden in den Texten gleichermaßen angesprochen. Der Verzicht auf "-innen" dient nur zur leichteren Lesbarkeit und stellt keine Diskriminierung dar.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen bedanken, welche durch ihre individuelle Unterstützung zur Erstellung dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Danke...

... dem Herrn Ing. Herbert Lugschitz der APG für seine umfangreichen und verständlichen Erläuterungen zum Thema Erdverkabelung.

... an den Bürgermeister Helmut Mall der Gemeinde St. Anton am Arlberg für seine Auskünfte und die Bereitstellung der räumlichen Daten des Gemeindegebiets.

... besonders an meinen Diplomarbeitsbetreuer Prof. Michael Getzner für die lehrreiche Begleitung während des gesamten Arbeitsprozesses. Die vielen positiven Besprechungstermine haben mich stets ermutigt meine Arbeit zu Papier zu bringen.

... an meine Eltern, meine Schwester und meinen Bruder, die durch ihr geäußertes Interesse an meiner Arbeit jederzeit für hilfreiche Gespräche bereit gewesen sind. Nicht zuletzt habe ich euren großen Aufwand für das genaue Korrekturlesen sehr geschätzt.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Kurzzusammenfassung	2
Danksagung.....	3
1 Einleitung.....	7
1.1 Ausgangslage und Problemstellung.....	7
1.2 Forschungsfrage.....	8
1.3 Struktureller Aufbau / Methodische Vorgehensweise	8
2 Allgemeine Aspekte über Stromleitungen	10
2.1 Stromübertragung	10
2.2 Spannungsebenen in Österreich.....	10
2.3 Bestandteile einer Freileitung.....	12
2.4 Versorgungssicherheit	14
2.5 Netzausbau	14
2.5.1 Energiewende - europäischer Netzausbau	15
2.5.2 Verzögerungen im Leitungsbau aufgrund fehlender sozialer Akzeptanz	16
2.6 Umweltverträglichkeitsprüfung.....	17
3 Begriffsbestimmung Landschaftsbild.....	19
3.1 Rechtliche Verankerung des Begriffs Landschaftsbild.....	19
3.2 Wissenschaftliche Landschaftsbildbewertung	20
3.3 Gestaltungsgrundsätze für Freileitungstrassen unter Berücksichtigung des Landschaftsbildes	21
3.3.1 Naturnaher Einsatz von Freileitungen im Landschaftsbild	21
3.3.2 Technische Ausführung des Mastbilddesigns	22
3.3.3 Erdkabel als Ideallösung zur geringsten Beeinträchtigung für das Landschaftsbild	23
4 Externe Effekte von Freileitungen	25
4.1 Elektromagnetische Felder	25
4.1.1 Physikalische Eigenschaft der elektrischen und magnetischen Felder.....	25
4.1.2 Grenzwerte	26
4.1.3 Immissionswerte einer Freileitung	28
4.1.4 Gesundheitliche Auswirkungen von niederfrequentierten elektromagnetischen Feldern auf den Menschen	30

4.2	Koronageräusche	32
4.2.1	Physikalische Entstehung	32
4.2.2	Lärm-Grenzwerte	33
4.2.3	Schallimmissionen von Freileitungen	33
4.3	Naturgefahren	35
4.3.1	Wetterkapriolen durch heftigen Niederschlag	36
4.3.2	Wind- und Eislast	36
4.4	Auswirkungen auf die Natur	37
4.4.1	Flächeninanspruchnahme	37
4.4.2	Eingriff in ökologisch wertvolle Naturgebiete	39
4.4.3	Beeinträchtigung der Avifauna	40
4.5	Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Siedlungsfunktion.....	40
4.6	Liegenschaftsentwertung	41
4.6.1	Quantifizierung der Liegenschaftsentwertung	41
4.6.2	Entschädigungszahlung.....	43
5	Kontingente Bewertungsmethode zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft für ein Landschaftsbild ohne Hochspannungsleitungen in St. Anton am Arlberg.....	45
5.1	Ökonomische Methoden zur Bewertung von Umweltgütern	45
5.2	Kontingente Bewertungsmethode	46
5.3	Aufbau und Szenarien des Fragebogens für St. Anton am Arlberg	48
5.3.1	Status Quo.....	49
5.3.2	Szenario 1, Teil-Erdverkabelung.....	49
5.3.3	Szenario 2, vollständige Erdverkabelung	50
5.4	Empirische Auswertung des Fragebogens.....	51
5.4.1	Allgemeine Ergebnisse der Befragung über die Urlaubspräferenz, Kriterien bei der Auswahl des Winterurlaubsorts und Anreise	51
5.4.2	Hochspannungsleitungen allgemein und spezifisch in St. Anton	53
5.4.3	Vergleich zwischen Status Quo, Szenario 1 und 2	56
5.4.4	Besuchshäufigkeit	61
5.4.5	Zahlungsbereitschaft.....	63
5.4.6	Angaben über die Befragten: Geschlecht, Alter, Nationalität, höchste Ausbildung.....	67
5.4.7	Korrelationsanalyse zwischen ausgewählten Variablen	68

5.4.8	Regressionsanalyse zur Untersuchung des Einflusses ausgesuchter Variablen auf die Besuchshäufigkeit und Zahlungsbereitschaft	69
5.5	Monetäre Nutzen der Zahlungsbereitschaft für St. Anton am Arlberg	73
6	Möglichkeiten der Erdverkabelung von Hochspannungsleitungen anhand des Beispiels der Gemeinde St. Anton am Arlberg.....	75
6.1	Erdverkabelung im Höchstspannungsbereich	75
6.1.1	Technische Eigenschaft des Erdkabels	75
6.1.2	Variation in der baulichen Auslegung der Kabelsysteme	76
6.1.3	Vorteile der Erdverkabelung gegenüber Freileitungen	80
6.1.4	Nachteile der Erdverkabelung gegenüber Freileitungen	81
6.1.5	Anwendung der Erdverkabelung in Europa	83
6.2	Realisierungsmöglichkeiten einer Erdverkabelung für St. Anton am Arlberg	85
6.2.1	Mögliche Erdkabeltrasse.....	85
6.2.2	Technische Ausführung.....	87
6.3	Kosten einer Erdverkabelung für St. Anton am Arlberg (Szenario 2)	89
6.3.1	Investitionskosten	89
6.3.2	Verlustkosten	90
6.4	Gegenüberstellung zwischen den Kosten der Erdverkabelung und dem durch die Zahlungsbereitschaft sowie der Konsumentenrente der Besuchshäufigkeit der befragten Gäste berechnete Nutzen für Szenario 2.....	91
7	Effizienzsteigerung im Ausbau des Hoch- und Höchstspannungsnetzes: räumliche und planerische Aspekte	93
7.1	Strategisches Trassenmanagement im Leitungsbau	93
7.2	Einbindung der Bevölkerung in die Leitungsplanung zur Vermeidung von Verzögerungen und Akzeptanzproblemen.....	94
7.3	Gesetzliche Rahmenbedingungen	94
7.3.1	Umgang mit der Neuerrichtung von Leitungstrassen.....	94
7.3.2	Umgang mit bestehenden Freileitungstrassen	96
8	Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	97
	Quellenverzeichnis	98
	Abbildungsverzeichnis	107
	Tabellenverzeichnis	109
	Anhang	110

1 Einleitung

Zur Hinführung zum Thema der Diplomarbeit wird in den nächsten Unterkapiteln ein kurzer Überblick über die Arbeit gegeben. Zuerst wird die Ausgangslage und die damit verbundene Problemstellung kurz erläutert und in weiterer Folge auf die Forschungsfrage und das Ziel der Arbeit verwiesen. Anschließend wird das methodische Vorgehen und die Abfolge der Kapitel dargelegt.

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Freileitungen zum Transport von Strom sind weit mehr als nur ein technisches Projekt, sondern der Leitungsbau ist auch als gesellschaftliche und politische Entscheidung anzusehen (Pierobon, 1995, S. 17).

In den 50er Jahren kam es aufgrund der wachsenden Wirtschaft in Kanada zu Engpässen in der Elektrizitätsversorgung, welche teilweise bis zu einer tageweisen Stromversorgungsunterbrechung führte. Dieser Umstand verstärkte den Druck auf die Elektrizitätswirtschaft und bewirkte in der Bevölkerung eine positive Einstellung gegenüber Stromleitungen, da diese eine Versorgungssicherheit garantierten. Dies führte zu einem Umstand, dass in den frühen 80er Jahren eine Stromversorgung rund um die Uhr als selbstverständlich angesehen wurde und die positive Haltung gegenüber den Strommasten in der Gesellschaft wieder sank (Mitchell et al, 1976, zitiert nach Fischhoff et al., 1988, S. 22).

Die Abneigung der Bevölkerung gegen Stromleitungen ist nicht ein neues Phänomen, sondern war bereits im nordamerikanischen und britischen Leitungsbau in den 70er Jahren präsent (Gerlach, 2004, S. 148).

Zur damaligen Zeit konnte über Protestbewegungen der Bürger gegen Freileitungen leicht hinweggesehen werden, doch heutzutage bilden sich zahlreich neue Bürgerinitiativen bei der Planung von Leitungen mit Hoch- und Höchstspannung in siedlungsnahen Bereichen, welche nicht einfach ignoriert werden können.

Die Planung von Freileitungen ist zu einem langwierigen Prozess geworden, welcher neben der Trassenfindung und den technischen Komponenten insbesondere von der Erreichung der sozialen Akzeptanz bei der betroffenen Bevölkerung und einem langen Genehmigungsverfahren begleitet wird. Diese Einflussfaktoren können die Projektumsetzung erheblich verzögern und zu erhöhten Kosten führen (APG, 2013, S. 108).

Der vom deutschen Bundestag beschlossene Atomausstieg bis spätestens Ende 2022 (Deutscher Bundestag, 2011, S. 1704 f.) bringt neben dem starken Ausbau der erneuerbaren Energien auch Auswirkungen auf die Anforderungen an die Übertragungsnetze mit sich. Zur Bewältigung der Einspeisung von zusätzlicher Energie aus Windkraft und Photovoltaik, des verstärkten grenzüberschreitenden Stromhandels und des weiterhin steigenden Stromverbrauchs, müssen die Übertragungsnetzbetreiber ihre Stromnetze ausbauen, um die gewünschte Versorgungssicherheit und -zuverlässigkeit aufrecht zu erhalten (Der Standard, 2012, online).

Somit stehen die Übertragungsnetzbetreiber in Zukunft der großen Aufgabe gegenüber den Bedarf an neuen Leitungen im Zusammenhang mit der Entwicklung der erneuerbaren Energie zu decken und gleichzeitig auch die Akzeptanz der Bevölkerung für Freileitungen zu gewinnen.

Freileitungen haben neben ihren Emissionen, wie elektromagnetische Felder, Geräusche, Beeinträchtigungen der Bodennutzung und Entschädigungszahlungen, auch eine optische Wirkung auf die Landschaft. Diese Wirkung der Freileitungen auf das Landschaftsbild wird als immer gewichtiger in der Gesamtbeurteilung angesehen (Lugschitz, 1998, S.48).

Der geforderte Netzausbau im Zusammenhang mit der Energiewende befindet sich bereits im Rückstand und das Problem ist, dass sich durch den Widerstand der Gesellschaft viele benötigte Leitungsbauprojekte weiterhin verzögern.

Als Alternative zur Freileitung zählt die Erdverkabelung, welche allerdings mit höheren Kosten verbunden ist und somit von den Energieübertragungsunternehmen im Bereich der Höchstspannung selten zum Einsatz kommt.

1.2 Forschungsfrage

Für viele Tourismusgemeinden in Österreich spielt das Landschaftsbild ebenfalls eine große Rolle, denn normalerweise wird mit attraktiven Panoramafotos für einen idyllischen Urlaubsort geworben. Anhand einer österreichischen Gemeinde wird in dieser Diplomarbeit aufgezeigt wie hoch die Akzeptanz für Hochspannungsleitungen in einer vom Tourismus geprägten Region bei den Gästen ist. Ausgewählt wurde dabei die Gemeinde St. Anton am Arlberg in Tirol, welche für ihr großes Skigebiet bekannt ist und somit auch bezüglich des Bergpanoramas eine bedeutende Rolle einnimmt. In dieser Gemeinde führen auch Hochspannungsleitungen über die Skipiste und durch das Ortsgebiet. Daher eignet sich diese Gemeinde für die Durchführung einer Studie, welche sich mit der Haltung der Gäste gegenüber der ästhetischen Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch die Freileitungen beschäftigt.

Insbesondere soll die Besuchshäufigkeit und die Zahlungsbereitschaft der Besucher hinsichtlich der optischen Wirkung der Freileitungen geprüft werden.

Mit Hilfe dieser Diplomarbeit sollen folgende Forschungsfragen in der Arbeit beantwortet werden:

- Wie hoch ist die Zahlungsbereitschaft von Feriengästen in St. Anton am Arlberg für ein Landschaftsbild, welches frei von Hochspannungsleitungen ist?
- Können die Mehrkosten einer Erdverkabelung durch die Zahlungsbereitschaft der Feriengäste für eine Verschönerung des Landschaftsbildes gedeckt werden?

1.3 Struktureller Aufbau / Methodische Vorgehensweise

Grundsätzlich ist die Diplomarbeit in sieben Kapitel aufgeteilt und kann zwischen zwei großen Teilen unterschieden werden, einen theoretischen Teil und einen praktischen Teil, welcher sich mit der Erdverkabelung von St. Anton am Arlberg beschäftigt. Im Theorie-Teil stehen allgemein die Freileitungen im Hoch- und Höchstspannungsbereich im Mittelpunkt.

Am Beginn der Arbeit wird die Funktionsweise der Stromversorgung erläutert. Dabei werden die für Österreich unterschiedlichen Spannungsebenen im Stromnetz erklärt und es wird auf die verschiedenen Zuständigkeiten eingegangen. Des Weiteren wird über wichtige Bestandteile eines erfolgreichen Netzausbaus informiert. Da Hochspannungsleitungen sich zum Teil einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterziehen müssen, schildert ein Unterkapitel die Einzelheiten dieser Prüfung.

Kapitel drei liefert eine Erläuterung des Landschaftsbildes. Hier werden die Grundzüge der Landschaftsbildbewertung dargestellt. Beispielsweise werden Ansätze, wie Freileitungen in die Landschaft integriert werden können, erklärt. Dieses Thema teilt sich in zwei Zweige auf, zum einen muss auf die Oberfläche der Landschaft Bedacht genommen werden und zum anderen auf die Ausführung der Masten selbst.

Das vierte Kapitel bietet einen Überblick über die wichtigsten externen Effekte der Freileitungen und rundet den theoretischen ersten Teil der Arbeit ab.

Der zweite Teil der Arbeit beginnt mit einem kurzen Überblick über die ökonomischen Methoden zur Bewertung von Umweltgütern. Anschließend wird zum empirischen Teil der Arbeit übergegangen. Hier werden die mit der kontingenten Bewertungsmethode erhobenen Ergebnisse der Studie über die Hochspannungsleitungen in St. Anton am Arlberg analysiert. Am Schluss des Kapitels wird die berechnete Zahlungsbereitschaft für eine Erdverkabelung auf alle Gäste hochgerechnet und so der monetäre Nutzen für dieses Projekt dargelegt.

Das sechste Kapitel widmet sich der theoretischen Erdverkabelung der bestehenden Freileitungen. Es werden zunächst kurz die Vor- und Nachteile zwischen der Erdverkabelung und den Freileitungen aufgelistet. Anschließend werden für die theoretische Erdverkabelung die Kosten berechnet und schlussendlich mit dem Nutzen aus der Analyse der Zahlungsbereitschaft abgewogen.

Der letzte Abschnitt dient als Ausblick für die zukünftige Raumentwicklung beim Ausbau des Übertragungsnetzes. Hier werden Empfehlungen und Beispiele angeführt, die den Netzausbau mit Erdkabeln attraktiver machen und wie dabei mit dem Raum landschafts- und umweltschonend umgegangen werden kann.

2 Allgemeine Aspekte über Stromleitungen

2.1 Stromübertragung

Stromleitungen dienen zur Übertragung von elektrischer Energie von den Kraftwerken zum Verbraucher. Aus ökonomischen Gründen ist für die Energieübertragung für einen großen Wirkungsgrad eine hohe Spannung erforderlich, damit die Verluste an elektrischer Energie möglichst klein bleiben. Die Verluste entstehen überwiegend durch die Erwärmung der Übertragungsleitungen. Daher wird die Stromübertragung vom Kraftwerk an den Verbraucher bei sehr hohen Spannungen realisiert und dies ist der Grund, warum die Elektrizitätsversorgung über Höchst- und Hochspannungsleitungen erfolgt (Busch, 2008, S. 70).

In Deutschland und Österreich werden elektrische Spannungen auf den Leitungen von bis zu 380-kV erreicht und in Kanada oder Russland sind aufgrund der weiten Distanzen sogar bis zu 1150-kV üblich, um die Verluste möglichst gering zu halten (Busch, 2008, S. 302).

Die Aufgabe der Stromleitungen ist somit klar, sie transportieren den Strom vom Erzeuger zum Verbraucher. Diese Stromleitungen verlaufen jedoch nicht willkürlich, sondern verfolgen ein technisches Grundprinzip. Das Prinzip lautet Vernetzung und ermöglicht den Austausch von Strom. Das Verbundnetz von Europa ist in verschiedene Regelzonen eingeteilt, welche miteinander über Kuppelstellen verbunden sind (Brakelmann und Jarass, 2012, S.24).

Innerhalb dieser Regelzone, welche normalerweise mit dem Netzgebiet des Übertragungsnetzbetreibers ident ist, muss eine ausgeglichene Leistungsbilanz zwischen der von den Verbrauchern konsumierten und in das Netz eingespeisten Energie beibehalten werden. Diese Koordination der Ein- und Ausspeisung mit der genau benötigten elektrischen Leistung übernimmt der jeweilige Übertragungsnetzbetreiber der Regelzone (Tietz, 2006, S. 112).

In Österreich gibt es seit 2012 nur mehr eine Regelzone, welche vom österreichischen Übertragungsnetzbetreiber - Austrian Power Grid AG (APG) - betrieben wird. Zuvor gehörte das Vorarlberger Übertragungsnetz der deutschen Regelzone an. Somit ist die APG in ganz Österreich für den physikalischen Ausgleich zwischen Stromaufbringung und Strombedarf verantwortlich (APG, 2011a, online).

2.2 Spannungsebenen in Österreich

Die Stromnetze zur Energieversorgung sind hierarchisch in mehrere Spannungsebenen aufgebaut. Dies hat den Grund, dass mit einer gewissen Spannung nur eine bestimmte Übertragungsentfernung technisch und wirtschaftlich erreicht werden kann. (Hofmann und Oswald, 2010, S. 5)

Die Spannungsebenen in Österreich sind nach dem § 63 des Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetzes 2010 geregelt (ElWOG 2010, § 63):

- Netzebene 1: Höchstspannung (380 kV und 220 kV, einschließlich 380/220-kV-Umspannung);
- Netzebene 2: Umspannung von Höchst- zu Hochspannung;

- Netzebene 3: Hochspannung (110 kV, einschließlich Anlagen mit einer Betriebsspannung zwischen mehr als 36 kV und 220 kV);
- Netzebene 4: Umspannung von Hoch- zu Mittelspannung;
- Netzebene 5: Mittelspannung (mit einer Betriebsspannung zwischen mehr als 1 kV bis einschließlich 36 kV sowie Zwischenumspannungen);
- Netzebene 6: Umspannung von Mittel- zu Niederspannung;
- Netzebene 7: Niederspannung (1 kV und darunter).

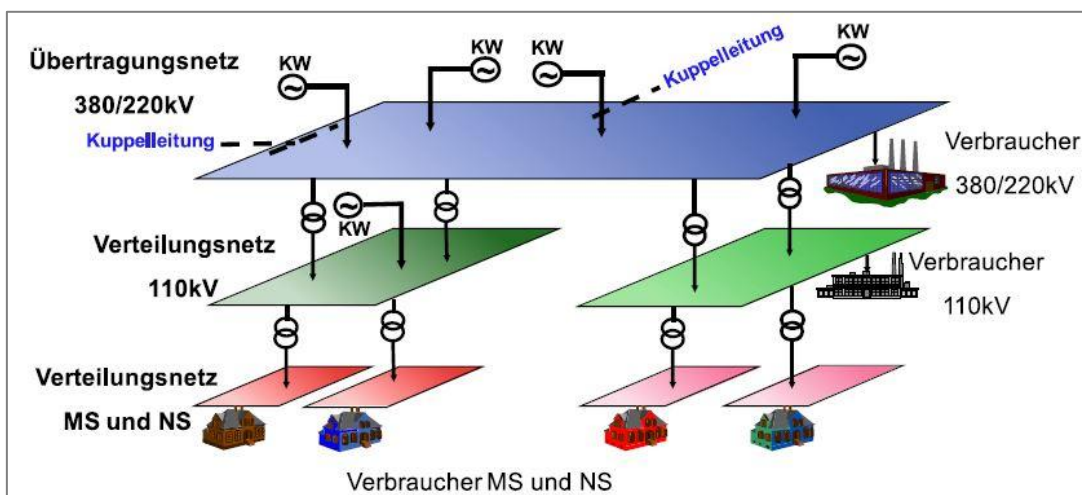
Der Stromfluss erfolgt nach dem 'Top-Down' Prinzip, d .h. von den höheren zu den niedrigeren Spannungsebenen (Dänekas und Mayer, 2013, S. 78).

Das **Höchstspannungsnetz**, auch Fernübertragungsnetz genannt, erstreckt sich über das gesamte Versorgungsgebiet eines Regelzonenführers bzw. Übertragungsnetzbetreibers. Üblicherweise speisen Großkraftwerke in das Höchstspannungsnetz ein. Die 220-kV Leitungen werden überwiegend nach dem Ausbau des 380-kV Netzes nicht mehr weiter ausgebaut und werden wenn möglich zurückgebaut oder durch eine 380-kV Leitung ersetzt. Die 110-kV-Netze und Mittelspannungsnetze werden als Verteilnetze bezeichnet und sind in regional begrenzte Teilnetze unterteilt (Hofmann und Oswald, 2010, S. 5).

Das **Hochspannungsnetz** (Netzebene 3) dient zur Anbindung des Höchstspannungsnetzes an die Verbrauchszentren und zur Einspeisung von mittelgroßen Kraftwerken. Des Weiteren ist diese Spannungsebene auch wichtig für den Anschluss von Windkraftanlagen. Das **Mittelspannungsnetz** (Netzebene 5) wird zur Verteilung in der Fläche eingesetzt und wird vor allem in Verdichtungsräumen als Erdkabel ausgeführt. Es dient bereits der Verteilung des Stromes an den Endverbraucher. Das **Niederspannungsnetz** (Netzebene 7) ist nur mehr für kleine Endverbraucher und die Anbindung von kleinen Solaranlagen bestimmt und kommt zumeist ebenfalls als Erdkabel zum Einsatz (Brakelmann und Jarass, 2012, S.24 ff.).

In der nachfolgenden Abbildung ist nochmals ein Überblick über den Aufbau der Elektrizitätsinfrastruktur mit der hierarchischen Anordnung der Spannungsebenen gegeben.

Abbildung 1: Bestandteile der Elektrizitätsinfrastruktur



Quelle: Dänekas und Mayer, 2013, S. 79

2.3 Bestandteile einer Freileitung

Die wesentlichen Bestandteile einer Freileitung setzen sich aus dem Masten selbst und den Leiterseilen auseinander. Wie viele Leiterseile sich auf einem Masten befinden, hängt von der Stromübertragungsform und der Anzahl an Systemen ab.

Freileitungen unterscheiden 3 verschiedene Übertragungsformen je nach Art der benutzten Spannungsform. Diese 3 Übertragungsformen sind Gleichstrom, Einphasenwechselstrom und Drehstrom bzw. Wechselstrom (Busch, 2008, S.312).

Beim Gleichstrom wird die im Generator erzeugte Wechselspannung gleichgerichtet und in Verbrauchernähe wieder in Wechselstrom umgewandelt. Der Vorteil des Gleichstroms, auch Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) genannt, besteht darin, dass es keine Leistungsverluste gibt. Anwendung findet sie aus wirtschaftlichen Gründen nur über weite Strecken ab 1000 Kilometer (ebd.) und als Seekabel. Daher sind diese HGÜ-Systeme auch sehr interessant für die Anbindung der Offshore-Windkraftanlagen (Tietz, 2006, S.98 f.).

Der Einphasenwechselstrom wird üblicherweise bei der Eisenbahn eingesetzt. Der Vorteil dabei ist, dass nur ein Fahrdraht benötigt wird und als Rückleiter dient die Schiene (Busch, 2008, S.313).

Als dritte und auch in Österreich in der Energieübertragung zum Einsatz kommende Übertragungsform ist der Drehstrom.

Der Drehstrom (auch Wechselstrom genannt) dient als die bedeutendste Übertragungsform aufgrund seines hohen Wirkungsgrades. Der große Unterschied ist, dass auf drei Leitern statt auf einem Leiterseil die elektrische Energie übertragen wird. Ein Rückleiter wird nicht benötigt und daher bleiben Rückleiterverluste aus (ebd.).

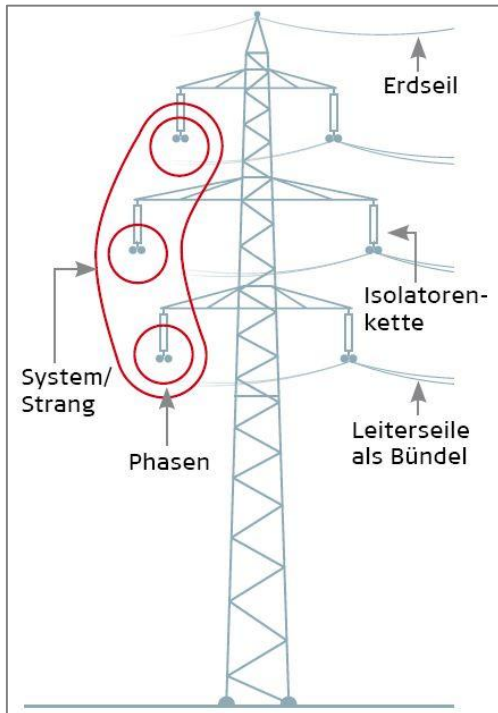
Auf der Abbildung 2 ist gut erkennbar, dass die drei Leiterseile auf einer Seite zusammen ein Stromübertragungssystem ergeben. Die einzelnen Leiterseile werden vom Masten durch Isolatorenketten getragen. Desto höher die Spannung der Leitung ist, desto länger muss auch die Isolatorenkette sein (Busch, 2008, S. 325).

Um die Übertragungskapazität zu erhöhen werden die einzelnen Leiter gebündelt, d. h. die einzelnen Drehstromleiter werden in je zwei, drei oder vier Einzelleiter aufgeteilt. 380-kV Leitungen werden normalerweise als Vierer- oder Dreierbündel ausgeführt, 220-kV Leitungen als Zweierbündel und 110-kV Leitungen werden nicht gebündelt (ebd., S. 319).

Weiterer Bestandteil der Freileitung ist das Erdseil, welches als ein geerdetes elektrisch leitfähiges Seil auf der Spitze der Masten zu finden ist und als Blitzschutz für die darunter hängenden Leitungssysteme dient (Tietz, 2006, S. 96).

Als Mastbild wird die Anordnung der Leiterseile auf dem Freileitungsmasten genannt. Je nachdem wie viele Stromübertragungssysteme auf einem Masten hängen, desto breiter und höher muss der Mast ausgeführt werden, da die Abstände zwischen den Phasen mit zunehmender Spannung größer werden. In der Abbildung 2 sind die Leiterseile auf drei versetzten Traversen versetzt angebracht. Sie können jedoch auch alle auf einer Traverse in einer Ebene hängen, damit würden der Mast und auch die frei zu haltende Trasse breiter werden.

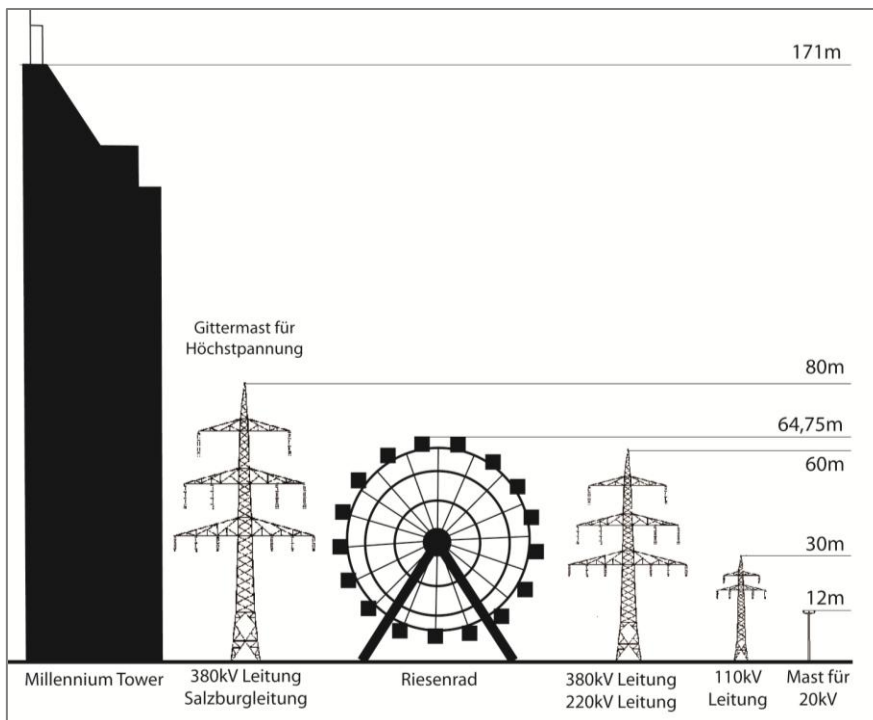
Abbildung 2: Bestandteile eines Freileitungsmasten



Quelle: Swissgrid, 2013, S. 3

Die Maße der Masten variieren größtenteils sehr und sind zumeist von der Lage der Umgebung abhängig. Die nachfolgende Abbildung bietet einen Überblick über die Höhe der Masten der verschiedenen Netzspannungen im Vergleich mit anderen Bauwerken Österreichs.

Abbildung 3: Freileitungen mit verschiedener Netzspannungen im Größenvergleich



Quelle: eigene Darstellung auf Basis: 380-kV Salzburgleitung: Auinger und Kaindl, 2014; restlichen Freileitungen: Tietz, 2006, S.97; Millennium Tower: Wikipedia, 2014a, online; Riesenrad: Wiener Riesenrad, 2014, online

2.4 Versorgungssicherheit

Aus Sicht der Übertragungsnetzbetreiber ist die Versorgungssicherheit des Stromnetzes enorm wichtig, denn der Kunde wünscht, dass jederzeit Strom aus der Steckdose kommt. Um einen einfachen Ausfall des Stromflusses zu vermeiden gilt im Stromnetzverbund die '**n-1 Sicherheit**', welche von Sakulin und Schaffer folgendermaßen erklärt wird:

" Das Netz erfüllt die Anforderung des (n-1) Kriteriums, wenn es für eine beliebige, technische mögliche und betrieblich sinnvolle Ausgangssituation den Ausfall eines Betriebsmittels ohne unzulässige Einschränkung seiner Funktion übersteht. Demnach dürfen die im Betrieb verbleibenden Betriebsmittel nicht über die als zulässig festgelegten Grenzen hinaus beansprucht werden, und es darf zu keiner Störungsausweitung kommen." (Sakulin und Schaffer, 1999, S. 304)

Somit stellt dieses (n-1) Kriterium sicher, dass ein einfacher Ausfall keine Versorgungsunterbrechung zur Folge hat. Anders gesagt, gilt für das (n-1) Kriterium, dass bei einer Nichtverfügbarkeit eines beliebigen Netzbetriebsmittels die Netzfunktion ohne entscheidende Funktionseinschränkungen noch gewährleistet werden kann, ohne dass

- eine dauerhafte Überlastung der zulässigen Belastung der Betriebsmittel entsteht,
- das Spannungsniveau im Netz gefährdet ist,
- es zu einer Störungsausweitung kommt und im schlimmsten Fall zu unversorgten Teilgebieten (Hofmann und Oswald, 2010, S.8).

Eine Überlastung eines Systems liegt dann vor, wenn der höchst zulässige Dauerstrom (thermische Grenzleistung) überschritten wird (Sakulin und Schaffer, 1999, S. 304).

Dies ist der Grund, dass auf einer Übertragungsstromleitung zumeist mindestens zwei Systeme auf den Masten angebracht sind, um die Versorgungssicherheit im Falle eines Ausfalls des einen Systems mit Hilfe des zweiten Systems zu erfüllen.

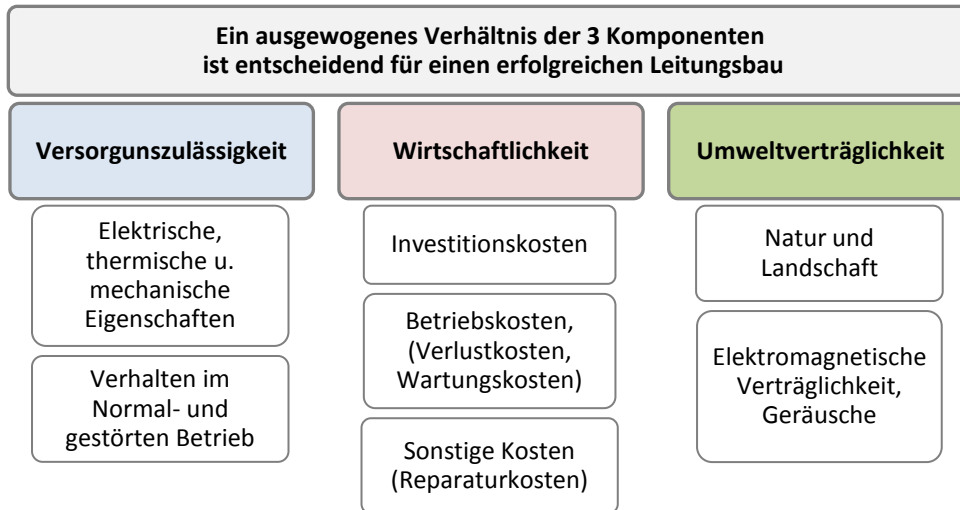
2.5 Netzausbau

Der Netzausbau ist weit mehr als nur ein technisches Projekt, sondern es spielen mehrere Aspekte im Leitungsbau eine große Rolle. Neben der Versorgungssicherheit gibt es zwei weitere Komponenten, welche für die Netzbetreiber eine wichtige Rolle spielen. In der Abbildung 4 sind diese drei Bestandteile angeführt. Dabei zählt die oben beschriebene Versorgungssicherheit zur Kategorie Versorgungszulässigkeit dazu. Grundsätzlich steht dieser Punkt für eine technisch einwandfreie und reibungslose Stromübertragung, welche die elektrischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften des Netzes regelt.

Durch die Hinzufügung der zweiten Komponente - Wirtschaftlichkeit - kann sich die technische Ausführung der Leitung wieder enorm ändern, da sich die Preise z.B. für Aluminium oder Kupfer ändern können und damit die Investitionskosten beeinflussen. Darüber hinaus haben verschiedene technische Ausführungen einer Leitung unterschiedliche Betriebs- und Wartungskosten. Grundsätzlich gibt es keine Allgemeinlösung für eine technische Ausführung einer Leitung, sondern sie muss sich neben der Versorgungszulässigkeit und Wirtschaftlichkeit auch noch an die Umgebung anpassen. Die Umweltverträglichkeit ist die dritte Komponente, welche über die Ausführung einer

Leitung massiv mitbestimmt. Hier spielt neben Natur und Landschaft die Nähe zu Siedlungsgebieten eine entscheidende Rolle. Die elektromagnetische Verträglichkeit in Bezug auf die Umgebung der Leitung muss innerhalb der Grenzwerte liegen.

Abbildung 4: Bewertungskriterien für Stromleitungen



Quelle: Eigene Darstellung; Hofmann und Oswald, 2010, S.8

Schlussendlich entscheiden die drei Bestandteile aus der Abbildung 4 im Zusammenspiel über die Auslegung einer Leitungsanlage. Einerseits wird darüber entschieden, ob eine Leitung als Freileitung oder Erdkabel ausgeführt wird, andererseits muss über die Wahl der Trassierung beschlossen werden, die sich normalerweise als Optimierungsaufgabe herausstellt, bei der die Landschaftsbelastung möglichst gering ist, die Kosten klein gehalten werden und gleichzeitig noch die Versorgungssicherheit gegeben sein muss. Daher gilt, dass nur ein ausgewogenes Verhältnis zu einem erfolgreichen Netzausbau führt, welches für alle Akteure zufriedenstellend ist (Kirschner et al., 2007, S. 41 f.).

2.5.1 Energiewende - europäischer Netzausbau

In der Energy Road Map 2050 der Europäischen Kommission wird die zukünftige Energieversorgung der EU dargestellt. Besonders im Vordergrund steht die Verlagerung von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern und somit wird der Strom die Energie der Zukunft (Europäische Kommission, 2011, S. 11). Der langfristige Atomausstieg und die damit verbundene Energiewende ist vom Tempo der Umsetzung von Kraftwerks- und Netzausbauprojekten abhängig (Althaus, 2012, S. 103).

Langfristig wird in Österreich der Stromverbrauch um weitere 15-20 Prozent steigen. Der erhöhte Stromverbrauch und der Ausbau der erneuerbaren Energien sind mit einer stärkeren Beanspruchung des Netzes aufgrund von Erzeugungsschwankungen verbunden und damit steigen die Anforderungen an die Übertragungsnetze (Oesterreichs Energie, 2014, S.13).

Die Vereinigung der europäischen Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E) hat im Auftrag der europäischen Kommission einen 10-Jahres Netzausbauplan (TYNDP 2012) herausgebracht. Die Analyse des Marktes und des Stromnetzes in der Studie haben ergeben, dass im kommenden Jahrzehnt an die 100 Engpässe im Versorgungsnetz vorhanden sein werden, wenn es zu keinem

Ausbau des Stromnetzes kommt (ENTSO-E, 2012, S. 48). Der Bericht aus dem Jahr 2012 erklärt, dass europaweit 52.300 Kilometer Leitungen im Höchst- und Hochspannungsbereich neu gebaut (84 %) bzw. renoviert (16 %) werden müssen. Insgesamt werden 30.500 Kilometer neue Freileitungen im Höchstspannungsbereich benötigt (ebd. S. 62). Die Kosten aller Projekte sollen sich insgesamt auf 104 Billionen Euro belaufen (ebd., S. 70).

Die Investitionen in das Stromnetz sollen die Engpässe in Europa beseitigen und die erneuerbare Energie soll effizienter genutzt werden (ebd., S. 80). Insgesamt sind 80 Prozent der Engpässe mit der fehlenden Integration von erneuerbaren Energien verbunden. Direkte Verbindungen zwischen den Windkraft- und Solarenergieanlagen und den Verbraucherzentren spielen eine Schlüsselrolle im zukünftigen Verbundnetz (ebd. S. 56).

Dieser geforderte Netzausbau der ENTSO-E gerät immer wieder ins Stocken.

Dieser scheitert oft an der fehlenden Akzeptanz der Bevölkerung. In der Regel richten sich diese Widerstände nicht gegen die Leitung an sich, sondern an die Freileitung mit ihren Masten und Leiterseilen (Brakelmann und Jarass, 2012, S. 19).

2.5.2 Verzögerungen im Leitungsbau aufgrund fehlender sozialer Akzeptanz

Im Zuge von Leitungsplanungsvorhaben der Netzbetreiber bilden sich oftmals neue örtliche Protestbewegungen und Diskussionen über die Wahl zwischen Überlandleitungen und Erdkabeln. Insbesondere bei der Planung von Freileitungen in der Nähe von Siedlungsgebieten entstehen zumeist Pro-Erdkabel Initiativen, welche zumeist bemüht sind die externen Effekte der breiten Öffentlichkeit verständlich näher zu bringen und mit Unterschriftenaktionen die Genehmigung und den Bau neuer Leitungen verzögern (Althaus, 2012, S. 103-108).

Der österreichische Übertragungsnetzbetreiber (APG) beschreibt im Netzentwicklungsplan 2012 die Risiken, welche in der Realisierung von Leitungsprojekten auftreten können. Diese Risiken wirken sich vor allem auf die Realisierungsdauer und die Kosten des Projektes aus. Neben den rechtlichen Risiken (Verzögerungen im Genehmigungsverfahren, unerwartete Behördenauflagen, Veränderungen übergeordneter rechtlicher Rahmenbedingungen, etc.) und den Risiken während der Umsetzung (Entwicklung der Rohstoffpreise, Planungsänderungen bei Projektpartner, Naturkatastrophen, Lieferantenrisiko, Baugrundrisiko) spielt die Schaffung der sozialen Akzeptanz eine entscheidende Rolle für Verzögerungen im Leitungsbau. Den Anrainern und Betroffenen der geplanten Leitung müssen im Zuge des Planungsprozesses umfassende Information und Aufklärung über die Varianten der Leitungstrasse und die energiewirtschaftlichen Zusammenhänge in Bürgerbeteiligungsprozessen vermittelt werden (APG, 2013a, S. 108-111).

Dieser Umstand kann zu erheblichen Verzögerungen und zu mehr Aufwand für die Netzbetreiber führen und daraus entstehen zumeist die Protestbewegungen der Bürger. Eine längere Planungsphase des Leitungsbauvorhabens bringt auch höhere Kosten auf Seiten des Netzbetreibers mit sich.

Als probates Mittel gegen die Verzögerungen im Realisierungsprozess neuer Leitungen würde sich in sensiblen Gebieten mit Siedlungsannäherungen mit Hilfe von Teilverkabelungslösungen eine

Beschleunigungswirkung erzielen lassen. Mit einem solchen Ansatz ließe sich die notwendige Akzeptanz der Bevölkerung verbessern (Brakelmann und Jarass, 2012, S.19).

2.6 Umweltverträglichkeitsprüfung

Bis zur Bauphase einer Leitung mit Höchstspannung müssen viele Vorarbeiten geleistet werden. Zu diesen administrativen Grundlagen zählen unter anderem die Trassenoptimierungen, Bewertung von Umweltaspekten, langwierige Genehmigungsverfahren und die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)(Kirschner et al., 2007, S.40). Damit gilt die Planung einer Freileitung als ein sehr langwieriger Prozess, bei welchem zahlreiche Hürden zu meistern sind und somit Verzögerungen nie ausgeschlossen sind.

Damit ist bereits vorweggenommen, dass Freileitungen in Österreich einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu unterziehen sind, jedoch gelten nicht für alle Spannungsebenen die gleichen Regeln, außerdem kommt es auf die Länge der Leitung an, ob die Leitung sich einer UVP unterziehen muss oder nicht.

Vereinfacht ausgedrückt ist die Aufgabe der Umweltverträglichkeitsprüfung in Österreich, die unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen festzustellen, zu beschreiben und zu bewerten, die ein Projekt

- auf Menschen, Tiere, Pflanzen und deren Lebensräume,
- auf Boden, Wasser, Luft und Klima,
- auf die Landschaft und
- auf Sach- und Kulturgüter

hat (UVP-G 2000, §1,(1)1.).

Im UVP Gesetz im Anhang 1 ist genau festgesetzt, welche Projekte einer solchen Prüfung zu unterziehen sind. Dazu gehören die Leitungen der Netzebene 1 mit Höchstspannung (220-kV und 380-kV) ab einer Länge von 15 Kilometern.

UVP-pflichtig: *"Starkstromfreileitungen mit einer Nennspannung von mindestens 220 kV und einer Länge von mindestens 15 km"* (UVP-G 2000, Anhang 1, Z. 16a).

Leitungen mit 110-kV Spannung sind nicht immer UVP-pflichtig, sondern nur in schutzwürdigen Gebieten. Außerdem sind für diese Vorhaben, welche sich in der dritten Spalte des Anhanges befinden, nur ein vereinfachtes Verfahren durchzuführen.

UVP-pflichtig: *"Starkstromfreileitungen in schutzwürdigen Gebieten der Kategorien A oder B mit einer Nennspannung von mindestens 110 kV und einer Länge von mindestens 20 km"* (UVP-G 2000, Anhang 1, Z. 16b).

Zur Kategorie A gehören die besonderen Schutzgebiete, wie die Natura 2000 Gebiete, welche unter die Flora-Fauna-Habitat Richtlinie und die Vogelschutzrichtlinie fallen. Des Weiteren fallen durch die Länder ausgewiesene Nationalparks und weitere durch Verordnung ausgewiesene, genau abgegrenzte Gebiete im Bereich des Naturschutzes hinein. Kategorie B ist die Alpinregion, welche oberhalb der Baumgrenze beginnt (UVP-G 2000, Anhang 2).

Als Kernstück des Verfahrens der UVP gilt die Umweltverträglichkeitserklärung (UVE), welche gemeinsam mit dem Genehmigungsantrag und den technischen Unterlagen bei der zuständigen UVP-Behörde eingereicht werden muss. Nach der Prüfung der Unterlagen von Sachverständigen aus allen entsprechenden Fachgebieten der zuständigen UVP-Behörde und der öffentlichen Auflage der Einreichunterlagen bei den Standortgemeinden und der UVP-Behörde wird ein Umweltverträglichkeitsgutachten erstellt. Dieses Gutachten muss erneut bei den Gemeinden und der UVP-Behörde mindestens 4 Wochen zur öffentlichen Einsicht aufliegen. Innerhalb dieser Frist kann jeder Betroffene, Anrainer und Gemeindevertreter Stellung und Einwendungen erheben. Nach einer mündlichen Verhandlung, bei welcher alle Parteien ihre Interessen einbringen können, erfolgt die Erlassung des Genehmigungsbescheides durch die UVP-Behörde. Anschließend kann von allen Parteien ihr Missfallen am Urteil des Bescheids im Zuge eines Beschwerdeverfahrens beim Verwaltungsgericht des Bundes eingereicht werden (APG, 2014, online).

Dies ist der Ablauf eines UVP-Verfahrens. Im § 6, UVP-G 2000, ist angegeben, welche Inhalte eine Umweltverträglichkeitserklärung, welche eingereicht werden muss, beinhalten muss. Um jedoch ein besseres Verständnis einer solchen UVE zu erhalten, wie umfangreich diese Prüfung sein kann, zeigt ein Blick auf die UVE der in Planung befindlichen 380-kV Salzburgleitung.

Diese UVE beinhaltet neben einer Zusammenfassung und der Begründung der Trassenwahl 23 weitere Fachbereiche, welche in folgende Kategorien eingeteilt sind: *Vorhabensbeschreibung, Technische Alternative, Trassenalternativen, Energiewirtschaft, Klima- und Energiekonzept, Sicherheitstechnik und Störfallbetrachtung, Abfallwirtschaft, Geologie/Hydrologie und Wasser, Naturgefahren, Verkehr, Luft und Klima, Schall, Elektromagnetische Felder, Boden und Landwirtschaft, Biotop und Ökosysteme, Ornithologie, Forstwirtschaft, Wildökologie und Jagd, Landschaft, Raumordnung/Siedlungsraum, Raumordnung/Tourismus, Sach- und Kulturgüter, Humanmedizin* (APG, 2014, online).

Der Ablauf des UVP-Verfahrens und diese intensive Auseinandersetzung mit allen betreffenden Fachbereichen verdeutlicht das strenge Prüfungs- und Genehmigungsverfahren der UVP.

3 Begriffsbestimmung Landschaftsbild

Das aus der Landschaft bzw. Natur wahrgenommene Landschaftsbild wird von den Menschen selbst produziert. Es entsteht aus der Landschaft und dem Betrachter, welche auch als zwei verschiedene Ebenen gesehen werden können. Zum einen die Objektebene (bilddauslösende Landschaftselemente und -strukturen) und zum anderen die Subjektebene (Präferenzen des Betrachters). Diese beiden Ebenen zusammen ergeben die sogenannte Bildebene, welche als ästhetisch-symbolisch interpretiertes Erscheinungsbild der Landschaft dargestellt werden kann. Dies geschieht durch das Verschmelzen der Erfahrungen, Präferenzen und Hoffnungen des Betrachters und der Eigenschaften der Natur. Im Endeffekt verwandelt sich eine faktische Landschaft in ein gewertetes Landschaftsbild (Nohl, 1993, S.4 f.).

Kurz und bündig kann dieses erläuterte Zusammenspiel zwischen Landschaft und Betrachter auch mit folgendem Zitat von Klöppel und Krause ausgedrückt werden:

„Landschaftsbild bezeichnet einerseits das Erscheinungsbild einer Umwelt, andererseits eine Vorstellungskonstruktion, welche im Betrachter des Erscheinungsbild[es] entsteht“ (Klöppel und Krause, 1996, S. 35).

Es verschmilzt die Gegebenheit der Natur mit der Subjektivität des Betrachters und daraus entsteht das Landschaftsbild. Somit ist das Landschaftsbild eine subjektive Wahrnehmung und ist vom Beobachter abhängig.

3.1 Rechtliche Verankerung des Begriffs Landschaftsbild

Im Grunde gibt es keine Definition des Begriffs "Landschaftsbild" in Österreich. Jedoch kommt der Begriff immer wieder in österreichischen Gesetzen vor.

Im Folgenden werden Einzelbeispiele angeführt, bei welchen das Landschaftsbild im Zuge von baulichen Vorhaben in der Natur nicht verunstaltet werden darf.

Im Protokoll "Naturschutz und Landschaftspflege" zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 wird im Artikel 9, Eingriff in die Natur und Landschaft, das Landschaftsbild in folgendem Zusammenhang erwähnt:

*"Die Vertragsparteien schaffen die Voraussetzungen dafür, dass für private und öffentliche Maßnahmen und Vorhaben, die Natur und Landschaft erheblich oder nachhaltig beeinträchtigen können, die direkten und indirekten Auswirkungen auf den Naturhaushalt und das **Landschaftsbild** überprüft werden. [...] Dabei ist insbesondere sicherzustellen, dass vermeidbare Beeinträchtigungen unterbleiben."* (Alpenkonvention - Protokoll "Naturschutz und Landschaftspflege", 2002, Artikel 9 (1)).

Auf Landesebene findet sich das Landschaftsbild z.B. im NÖ Naturschutzgesetz wieder. Hier bedarf es nach § 7 für die Errichtung von Bauwerken, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit Gebäuden stehen, außerhalb des Ortsbereichs einer Bewilligungspflicht durch die Behörde (NÖ NSchG 2000, § 7 (1) Z.1).

Jedoch ist diese Bewilligung zu untersagen, wenn das **Landschaftsbild**, der Erholungswert der Landschaft und die ökologische Funktionstüchtigkeit im betroffenen Lebensraum nachhaltig beeinträchtigt wird (NÖ NSchG 2000, § 7 (2) Z.1).

Das Landschaftsbild kommt immer wieder in derartigen Zusammenhängen im Gesetz vor. Dies macht den Umgang mit dem Begriff des Landschaftsbildes nicht leichter.

Der Verwaltungsgerichtshof hat 1996 den Begriff Landschaftsbild in einem Rechtssatz wie folgt definiert:

"Unter Landschaftsbild ist mangels einer Legaldefinition das Bild einer Landschaft von jedem möglichen Blickpunkt zu Land, zu Wasser und in der Luft zu verstehen [...]." (VwGH, 1996, 91/10/0119).

Aus dieser Schlussfolgerung ist keine Eingrenzung des Begriffes Landschaftsbild zu verstehen und kann somit von jeder Perspektive gesehen werden.

3.2 Wissenschaftliche Landschaftsbildbewertung

Die subjektive Wahrnehmung des Landschaftsbildes durch Menschen macht eine standardisierte Bewertung nicht einfach.

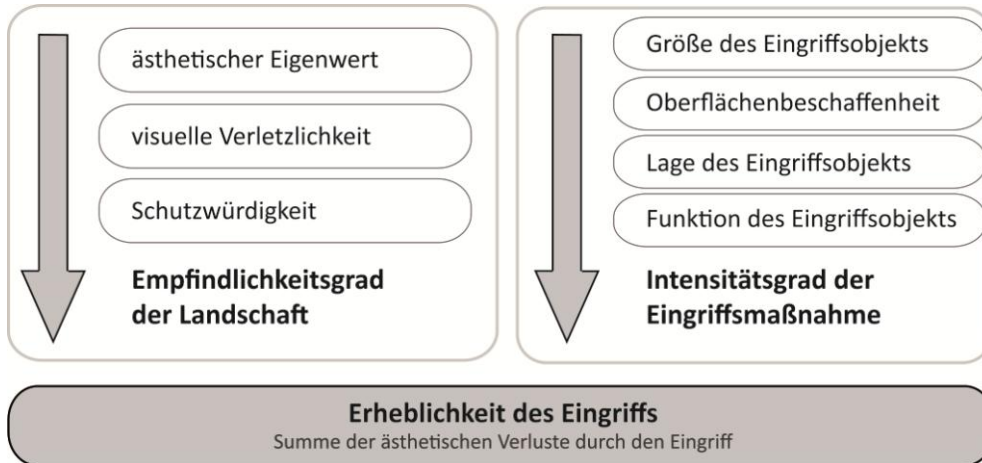
Grundsätzlich funktioniert eine Bewertung nach verschiedenen Kriterien, welche individuell für das jeweilige geplante Bauwerk, welches in die Landschaft gesetzt wird, ausgewählt wird.

Folgende drei Eigenschaften (Vielfalt, Eigenart und Naturnähe) des Landschaftsbildes gelten als das Grundgerüst in der Bewertung des Landschaftsbildes. Diese Kriterien bilden zusammen den ästhetischen Eigenwert der Landschaft, und je ausgeprägter diese sind, desto höher ist die Empfindlichkeit einer Landschaft gegen störende Eingriffe. Des Weiteren sind noch die visuelle Verletzlichkeit und die Schutzwürdigkeit der Landschaft ausschlaggebend für die Empfindlichkeit einer Landschaft. Neben dem Empfindlichkeitsgrad der Landschaft (ästhetischer Eigenwert, visuelle Verletzlichkeit, Schutzwürdigkeit) spielt der Intensitätsgrad des baulichen Eingriffs eine entscheidende Rolle für die Erheblichkeit eines Vorhabens in die Landschaft. Also je nachdem, welche Dimensionen eine Stromleitung hat, wie hoch der Flächenverbrauch bzw. die Dominanz der Leitung ist, wird der Eingriff in das Landschaftsbild beträchtlicher (Nohl, 1993, S. 15 f.).

Zusammenfassend wird die wissenschaftliche Landschaftsbildbewertung nach Nohl in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Generell muss dabei angemerkt werden, dass die in Abbildung 5 von Nohl beschriebenen ästhetischen Verluste letztendlich von der visuellen Wahrnehmung des Betrachters abhängig sind. Die Erfassung der Empfindlichkeit der Landschaft und des baulichen Ausmaßes von Freileitungen liegt im Auge des Betrachters. Daher kann diese wissenschaftliche Landschaftsbildbewertung lediglich als ein Werkzeug mit einer starken Abhängigkeit vom Betrachter angesehen werden.

Abbildung 5: Landschaftsbildbewertung nach Nohl



Quelle: Nohl, 1993, S. 16, eigene Darstellung

3.3 Gestaltungsgrundsätze für Freileitungstrassen unter Berücksichtigung des Landschaftsbildes

Grundsätzlich werden Freileitungen bei der Analyse der Landschaftsgestalt in die Kategorie der linienförmig erscheinenden Landschaftselemente eingegliedert und zählen wie Straßen und Schienenwege zur Erschließung hinzu (Ricina, 1994, S. 103).

Das nachfolgende Zitat beschreibt die linienförmigen Landschaftselemente sehr passend:

"Freileitungen sind ausgesprochen exponierte Bauwerke. Weite Strecken führen sie durch entlegene Gebiete, überspannen enge Täler, durchkreuzen Wälder oder überqueren Gebirgskämme." (Kirschner et al., 2007, S. 49)

Freileitungen sind zumeist in der Nähe von Ballungsräumen zu finden, jedoch transportieren sie auch in entlegenen Gebieten Strom vom Erzeuger zum Verbraucher. In der Regel führen Strommasten quer durch das Land und übersäen die Landschaft.

Infrastrukturen, die sich nicht adäquat in das Landschaftsgefüge einfügen, gelten als 'visuelle Belastungen' und verringern die Landschaftsqualität (Heiland und Wojtkiewicz, 2012, S. 142).

Somit entscheidet die Art der Einbindung der Freileitungen in die Landschaft über die schlussendliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes mit.

3.3.1 Naturnaher Einsatz von Freileitungen im Landschaftsbild

Bereits in der Planung der Trasse für eine Freileitung wird darauf geachtet, dass die Masten und Leiterseile keinen großen Einfluss auf das Landschaftsbild nehmen. Das Landschaftsbild soll möglichst naturnah erhalten bleiben und es gilt, die Freileitung der Topographie und Umgebung anzupassen, um dadurch ein weitestgehend harmonisches Bild in der Landschaft zu erzeugen (Kirschner et al., 2007, S. 42).

Folgende Beispiele zeigen, wie Freileitungen in die Landschaft besser integriert werden können, um möglichst naturnah zu erscheinen.

- Aufgrund der linienförmigen Eigenschaft der Freileitungen sollte diese Form auch in der Ausführung der Leitungstrasse beibehalten werden. Damit verringern sich die Zahl der Abspannmaste und die Leitungslänge. Desweiteren sollte die Leitung Höhenlagen wie Bergkuppen und Grate meiden (Ricica, 1994, S. 178).
- Uferbereiche von Gewässern wie Flüsse oder Seen sollten gemieden werden, hier empfehlen sich eher Gebiete entlang bestehender technischer Infrastruktur (Bahntrassen, Autobahn, usw.) als Leitungstrasse zu nutzen (ebd.).
- Im Sommer nimmt die Beeinträchtigung der Landschaft durch Freileitungen ab, da die Landschaft zu dieser Jahreszeit eine intensiver erlebte Diversität und höhere Farbpräsenz als im Winter aufweist. Folglich vermittelt das Sommerbild der Landschaft einen naturnäheren Charakter und lenkt von den Freileitungen ab (Kirschner et al., 2007, S. 42).
- In einer Landschaft mit einer dominierenden Eintönigkeit werden Freileitungen negativer empfunden, da ihnen in einer solchen Umgebung die volle Aufmerksamkeit zukommt. Hingegen in abwechslungsreichen und stärker strukturierten Landschaften nimmt ihre Wahrnehmung ab (ebd.).
- Soweit es möglich ist werden Stromleitungen, welche parallel verlaufen, auf einen Mast gespannt, sodass mehrere Systeme mitgeführt werden. Dies ist eine platzsparende Methode und das Landschaftsbild wird geringer beeinträchtigt, als wenn jede Leitung auf einem eigenen Mast nur wenige Meter entfernt weite Strecken entlang führt. Sollte kein Platz mehr auf einem Strommasten für zusätzliche Systeme sein, dann ist eine Leitungsbündelung empfehlenswert. Damit ist eine Parallelführung gemeint, welche versucht, unnötige Leitungsknicke und Kreuzungen miteinander und mit anderen linearen Infrastrukturen zu vermeiden (Ricica, 1994, S. 178).
- Grundsätzlich wird versucht in der Leitungsplanung von jeglicher Bebauung mit Wohnnutzung Abstand zu nehmen. Freileitungen sollten daher nicht durch Wohngebiet verlaufen (ebd., S.197).

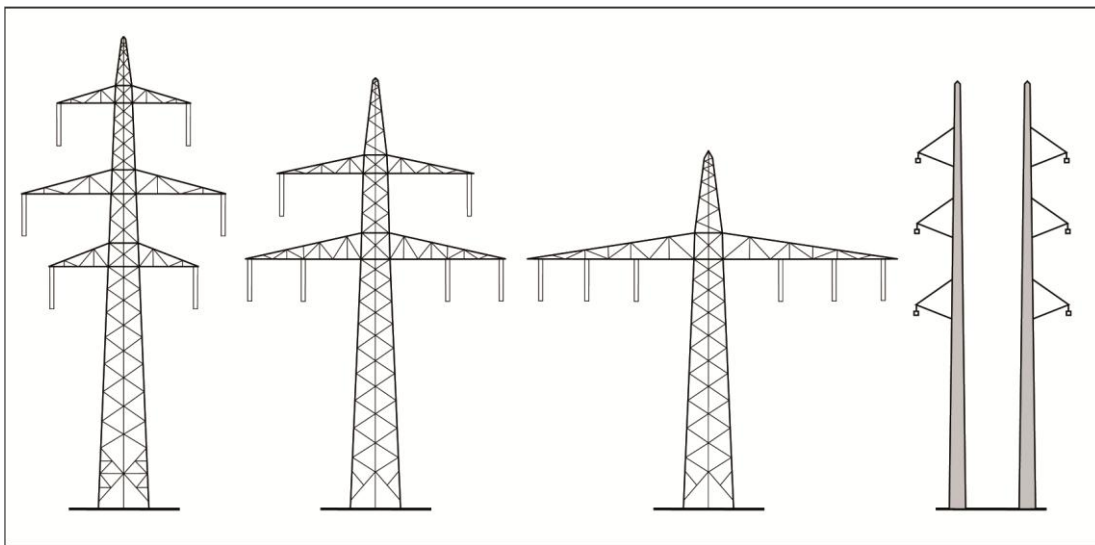
3.3.2 Technische Ausführung des Mastbilddesigns

Für die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes ist vor allem auch die Gestaltung des Mastes an sich entscheidend. Als entscheidende Größen gelten die Masthöhe, die Form und die Auslegung der Leiterseile am Masten. Diese Eigenschaften wirken sich insbesondere auf die Mastbreite und in weiterer Folge auf die freizuhaltende Trassenbreite aus (Ricica, 1994, S. 103).

Gemäß der ÖVE/ÖNORM EN 50341 müssen Freileitungen einen Mindestabstand, die sogenannten äußeren Abstände, zur Vermeidung der Gefahr von Überschlägen zu Bauwerken einhalten (ÖVE, 2002, S.94). Nicht nur zu Bauwerken gibt es Mindestabstände, sondern auch in Waldgebieten müssen Freileitungen vor umstürzenden Bäumen geschützt werden. Daher machen sich bei Freileitungen, die durch Wälder verlaufen, die breiten Waldschneisen im Landschaftsbild besonders bemerkbar (siehe Kapitel 4.4.1, Abbildung 11). Der Sicherheitsabstand zu den ruhenden und schwingenden Seilen muss gewährleistet werden und dies bedeutet auch ein regelmäßiges Zurückschneiden der wachsenden Vegetation (Knoll und Rittsteuer, 2004, S.9).

Bei der Ausführung des Mastes gibt es verschiedene Alternativen, welche in Bezug auf das Landschaftsbild unterschiedliche Vor- und Nachteile besitzen. Es wird zwischen dem Stahlgitter-, Beton- und Stahlrohrmast unterschieden. In Österreich sind im Hochspannungsbereich fast ausschließlich Stahlgittermaste in Verwendung, bei welchen zwischen dem Donaumast, Tonnenmast und Einebenenmast unterschieden wird. In der Abbildung 6 sind die drei Gitterstahlmasten und ein Doppelrohrmast abgebildet. Diese Darstellung verdeutlicht, dass zwischen der Tonne, dem Donaumast und dem Einebenenmast die Breite und die Höhe unterschiedlich sind. Je nach Landschaftstyp wird das Mastbild angepasst.

Abbildung 6: Tonnenmast, Donaumast, Einebenenmast und Doppelrohrmast (von links nach rechts)



Quelle: Leitgeb, 2013, S. 22, eigene Darstellung

Die Stahlgittermaste besitzen eine ästhetisch verträglichere transparente Fernwirkung. Im Gegensatz dazu wirken Beton- und Stahlrohrmasten aus der Nähe weniger voluminös und damit verbunden wirkt die Intensität der Eingriffsmaßnahme oftmals geringer (Nohl, 1993, S. 41).

Eine weitere Maßnahme, um Freileitungen besser in die Landschaft einzufügen, sind Tarnbeschichtungen. Der Farbanstrich von den Masten soll sich an die Umgebungsverhältnisse anpassen, um störende Farbkontraste zu vermeiden (Kirschner et al., 2007, S. 42). In Waldgebieten setzt sich normalerweise dunkelgrün durch, aber es gibt auch weiß lackierte Masten in Gebieten mit häufiger Nebelbildung.

3.3.3 Erdkabel als Ideallösung zur geringsten Beeinträchtigung für das Landschaftsbild

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass das Problem der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Freileitungen mit Hilfe der Erdverkabelung fast gänzlich gelöst werden kann. Jedoch spielt der Fachbereich Landschafts- und Ortsbild in einem UVP-Verfahren zumeist eine eher untergeordnete Rolle neben den emissionsbedingten Auswirkungen von Projekten. Daher wird dieser Fachbereich im Regelfall in der UVE-Gutachtenserstellung routiniert mit geringem Aufwand abgehandelt, ohne dabei von der planungsbetroffenen Bevölkerung und den Behörden nennenswerte Diskussionen aufkommen zu lassen (Proksch, 2014, S. 1).

Jedoch muss noch ergänzt werden, dass auch bei einer Erdverkabelung Beeinträchtigungen für das Landschaftsbild entstehen können. Dies geschieht bei einem Trassenverlauf, der dauerhaft großräumig landschaftsuntypisch wirkt. Dies kann bei einem waldfreien Korridor in Waldgebieten entstehen, da die Trasse von tiefwurzelnden Bäumen freigehalten werden muss. Es wird dann von einer Überformung des landschaftstypischen Anordnungsmusters gesprochen (Niedersächsischer Landkreistag, 2011, S. 13). Jedoch steht diese Beeinträchtigung für das Landschaftsbild in keiner Relation zu der von Freileitungen.

4 Externe Effekte von Freileitungen

In einer Stellungnahme von 1994 eines Salzburger Umwelthanwalts sind die Freileitungen in einem Gutachten beschrieben worden:

"Bei der Beurteilung der Umweltauswirkungen von elektrischen Leitungen sind Ressourcenverbrauch: Landschaftsverbrauch, Sichtbarkeit, Rohstoffverbrauch, Energieverbrauch und Emissionen: Geräusche, elektromagnetische Strahlung, Stoff-Emission, Wärme-Emission als Hauptkriterien zu nennen. Freileitungen zur Stromübertragung führen zu flächenbezogenen Einwirkungen, die mit den Schlagworten 'Landschaftsverbrauch' und 'Zerschneidung' charakterisiert werden können. Sie beeinträchtigen neben der land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung insbesondere den Landschaftscharakter und das Landschaftsbild." (VwGH, 1994, GZ. 92/15/0026).

Diese Umweltauswirkungen können auch als externe Effekte von Freileitungen bezeichnet werden. In diesem Kapitel werden diese externen Effekte von Freileitungen für die Höchstspannung dargelegt und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt beschrieben.

4.1 Elektromagnetische Felder

Die elektromagnetischen Felder zählen meist zu den wesentlichsten Gründen, auf welche sich Bürgerinitiativen stützen, wenn sie versuchen gegen siedlungsnahen Freileitungen anzukämpfen. Hierbei ist häufig auch vom sogenannten Elektrosmog gesprochen. Der Elektrosmog gilt als der umgangssprachliche Ausdruck für die Gesamtheit an elektrischen und magnetischen Feldern, von welchen befürchtet wird, dass sie gesundheitsschädigende Auswirkungen auf den Menschen haben.

Jedoch ist es im Grunde für den Menschen nichts Neues in einer Umgebung voll von elektromagnetischen Feldern zu leben. Im Haushalt, am Arbeitsplatz und unterwegs beispielsweise durch das Handy treten diese Felder auf. Die Gesellschaft hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten aufgrund des wachsenden Bedarfs an Elektrizität und der weiterentwickelnden Technologien immer mehr Quellen für elektromagnetische Felder geschaffen, die das Ausmaß der Strahlung auf den Körper erhöhen (WHO, 2014, S. 1).

Nun werden in den nächsten Unterkapiteln die physikalischen Eigenschaften der elektromagnetischen Felder, die Grenzwerte für Hochspannungsleitungen und die Auswirkungen auf den Menschen anhand bestehender Studien dargelegt.

4.1.1 Physikalische Eigenschaft der elektrischen und magnetischen Felder

Die elektromagnetischen Felder setzen sich aus unsichtbaren elektrischen und magnetischen Feldern zusammen und entstehen überall dort wo Strom fließt. Diese Felder können in der Natur entstehen, wie beispielweise bei Tageslicht und bei Blitzen oder sie werden vom Menschen durch den Gebrauch von technischen Geräten und Anlagen produziert. Neben den Hochspannungsleitungen zählen alle Haushaltsgeräte hinzu, wie Fernseher, Haartrockner, Radio etc. (Europäische Kommission, 2009, online).

Das elektromagnetische Spektrum wird anhand der physikalischen Eigenschaften in verschiedene Bereiche eingeteilt, welche sich anhand der Frequenz und der Wellenlänge unterscheiden. Die Frequenz mit der Maßeinheit Hertz (Hz) gibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde an. Bei hohen Frequenzen ist die Ausbreitung, also die Wellenlänge, klein und bei niedrigen Frequenzen hoch. Das elektromagnetische Spektrum umfasst statische, niederfrequente und hochfrequente Felder, die optische Strahlung und die ionisierende Strahlung mit der sehr energiereichen Gammastrahlung. Die Hoch- und Höchstspannungsebene gehören zum niederfrequenten Bereich und werden mit der Grundfrequenz von 50 Hertz betrieben. Vergleichsweise liegen das Mobilfunknetz und Mikrowellengeräte im Hochfrequenzbereich mit bis zu 300 Gigahertz (Bundesamt für Strahlenschutz, 2014a, online).

Im Niederfrequenzbereich können die elektrischen und magnetischen Felder getrennt betrachtet werden. Elektrische Felder sind auf die elektrischen Spannungen zurückzuführen und die magnetischen Felder sind mit dem in den Leitungen fließenden Strom verknüpft. Diese Felder entstehen in der Nähe eines Gerätes oder einer Leitung und nehmen mit der zunehmenden Entfernung ab. Somit muss die verbleibende elektrische und magnetische Stärke des Feldes mit dem jeweiligen Abstand des Ursprunges festgestellt werden. Hierfür dienen zwei verschiedene Einheiten, zum einen für die elektrische Feldstärke Volt pro Meter (V/m) und zum anderen wird die Stärke des magnetischen Feldes durch die Angabe der magnetischen Flussdichte in Mikrottesla (μT) angegeben. Der große Unterschied zwischen den elektrischen und magnetischen Feldern besteht darin, dass sich magnetische Felder fast überhaupt nicht abschirmen lassen und durch jede Hauswand durchdringen. Im Gegensatz dazu lassen sich elektrische Felder bereits mit dünnen Metallfolien fast gänzlich abschirmen (Wölfle, 2014, online).

Die diversen elektromagnetischen Spektren wirken aufgrund ihrer verschiedenen Frequenz auf unterschiedlichste Weise auf biologische Organismen. Gewichtig ist dabei die Energie der Elementarteilchen, welche durch eine größer werdende Frequenz kontinuierlich zunimmt. Wirken diese Teilchen auf einen Körper ein, so entstehen sogenannte Körperströme. In weiterer Folge ist diese unmittelbare Wirkung für die gesundheitliche Bewertung entscheidend (Bundesamt für Strahlenschutz, 2014a, online).

4.1.2 Grenzwerte

Der Europäische Rat hat die von der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) erarbeiteten Empfehlungen für die zulässige Exposition der Allgemeinbevölkerung für einen zeitlich unbegrenzten Aufenthalt im Bereich von elektromagnetischen Feldern im Jahre 1999 übernommen und eine EU-Ratsempfehlung an die Mitgliedsstaaten veranlasst (EU Ratsempfehlung, 1999/519/EG).

Diese Empfehlung ist in Österreich in der ÖVE/ÖNORM E 8850 als Sicherheitsabstand für Personen von elektromagnetischen Feldern festgelegt. Für eine Stromversorgung bei 50 Hertz sind folgende Werte festgelegt:

- magnetische Felder: 100 Mikro-Tesla (μT)

- elektrische Felder: 5 Kilovolt pro Meter (kV/m)

Für Berufstätige, die in der Ausübung ihrer Tätigkeit mit elektromagnetischen Feldern in Berührung kommen, gilt ein höherer Grenzwert. Er ist ebenfalls gemäß ÖVE/ÖNORM E 8850 mit einem Wert von 500 μT (elektrische Feldstärke von 10 kV/m) geregelt.

Die ICNIRP hat im Jahr 2010 für das nichtionisierende elektrische und magnetische Feld mit einer Frequenz von 50 Hz, welches der Hochspannung in Österreich entspricht, einen Grenzwert für die Kraftflussdichte bestimmt, welcher nach der neuen Richtlinie einen geringeren Abstand erlaubt. Hier befindet sich die höchstzulässige magnetische Kraftflussdichte bei 200 μT bzw. bei einer elektrischen Feldstärke von 5 kV/m (ICNIRP, 2010, S. 832). Diese ist aber nicht für Österreich gültig.

Im internationalen Vergleich haben viele EU Länder dieselben Grenzwerte wie Österreich (Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Luxemburg, Malta, Portugal, Rumänien, Slowakei, Tschechische Republik, Ungarn und Zypern) (Bundesamt für Strahlenschutz, 2014c, online).

Die Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Länder in Europa, die nicht die gleichen Richtwerte wie Österreich haben und somit nicht der EU-Ratsempfehlung gefolgt sind. Es gibt einige Länder, welche deutlich geringere Grenzwerte haben, insbesondere für neu zu errichtende Anlagen. Einzig allein Großbritannien hat den am höchsten gesetzten Grenzwert, welcher um das 3,5-fache die EU-Ratsempfehlung übertrifft.

Tabelle 1: Grenzwerte/Richtwerte für elektrische und magnetische Felder bei einer Frequenz von 50 Hertz für ausgewählte Länder in Europa

<i>Land</i>	<i>(kV/m)</i>	<i>(μT)</i>	<i>Umsetzung/Regelung</i>
Österreich	5	100	EU- Ratsempfehlung
Großbritannien	9	360	Grenzwert für Hochspannungsleitungen
Dänemark	-	0,4	keine gesetzliche Regelung; keine Kindergärten und Neubauten in der Nähe einer Hochspannungsleitung
Italien	-	10/3	10 μT bei bestehenden Anlagen in sensiblen Bereichen; 3 μT gilt für neue Leitungen
Niederlande	5	0,4/100	0,4 μT bei neuen Anlagen an sensiblen Bereichen; ansonsten gelten die Referenzwerte der ICNIRP
Schweiz	-	1	vorsorgliche Grenzwerte, Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)
Schweden	5	0,1	Umweltgesetzbuch und Gesetzgebung aus dem Jahr 1998
Slowenien	0,5	10	gilt für neue und modifizierte Anlagen im Bereich von sensiblen Wohnbereichen (Schulen, Krankenhäuser, etc.)
Bulgarien, Lettland	-	-	keine Regelung

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz, 2014b, S. 3; eigene Darstellung

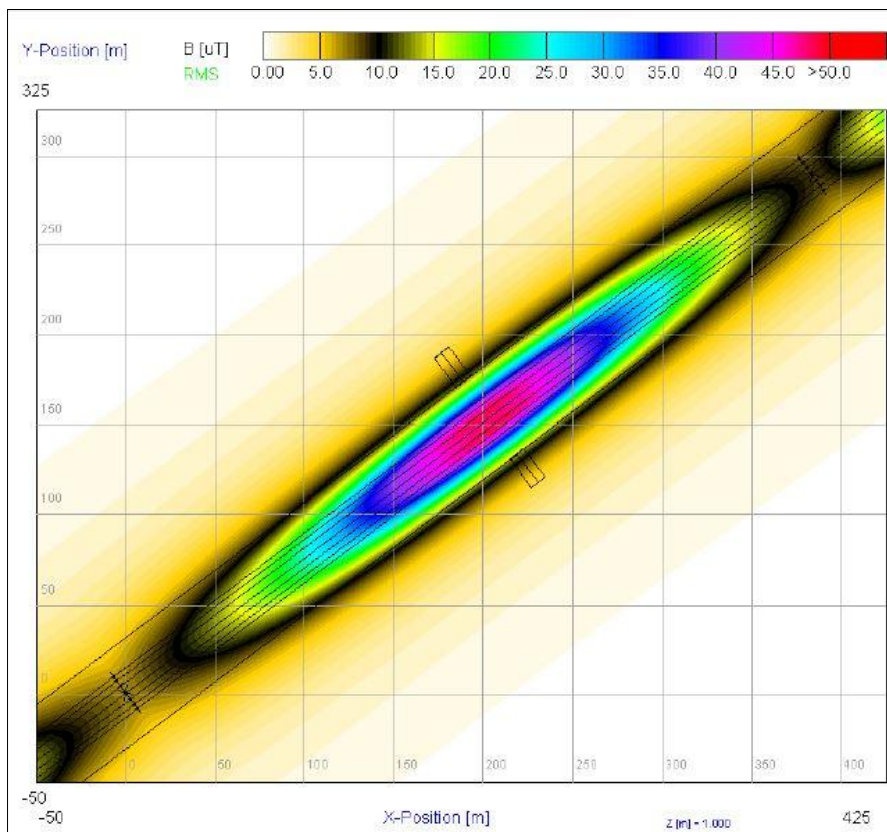
Anzumerken ist noch, dass sich in Österreich die APG bei der Planung von neuen Leitungen in Anlehnung an die Schweiz einen deutlich geringeren Vorsorgewert zum Ziel setzt. Zum Beispiel wird in der Vorhabenbeschreibung der UVE der Salzburgleitung ausdrücklich erwähnt, dass das Leitungsbauvorhaben so konzipiert wurde, dass Wohnnutzungen in der Nähe der Trasse den Zielwert von $1 \mu\text{T}$ für das magnetische Feld nicht überschreiten (APG, 2013b, S. 31).

4.1.3 Immissionswerte einer Freileitung

Grundsätzlich kann nicht pauschal ausgedrückt werden, wie hoch beispielsweise die Immissionen einer 380-kV Leitung in einer Entfernung von 50 Metern sind. Dafür spielen zu viele Faktoren eine gewichtige Rolle. Die Höhe der Immissionen von Freileitungen und auch von Erdkabeln variiert sehr stark und ist von den konstruktiven und betrieblichen Parametern abhängig. Hier sind einige kritische Parameter aufgelistet, die für Freileitungen relevant sind (Neitzke und Voigt, 2012, S. 5):

- Die Stärke des fließenden Stromes hat eine Auswirkung auf die Stärke des Magnetfeldes.
- Der Durchhang der Seile ist bei Freileitungen von großer Bedeutung, da in der Mitte von zwei Masten der Abstand der Seile zum Boden immer am geringsten ist und dadurch dort die größten Immissionen entstehen (siehe Abbildung 7).
- Die Zahl der aufgelegten Systeme und deren Anordnung sind von großer Bedeutung.
- Der Abstand der Phasenleitungen und die Anordnung der Systeme am Masten beeinflussen die Immissionen.
- Die Umgebungsbedingungen wie die Topographie der Landschaft und zusätzlich das Wetter spielen eine Rolle.

Abbildung 7: Berechnung des Magnetfelds in 1m Höhe an einer 380-kV Freileitungstrasse



Quelle: Neitzke, 2012, S. 3

Aufgrund des Durchhanges befindet sich im rosafärbigen Bereich die größte magnetische Kraftflussdichte im Abstand von einem Meter über dem Boden. Mit geringerem Abstand zum Freileitungsmasten nimmt die magnetische Kraftflussdichte ab.

Abbildung 7 zeigt das Magnetfeld aus der Vogelperspektive und daraus lässt sich bereits gut ablesen, dass mit zunehmendem Abstand zur Leitungsachse das magnetische Feld erheblich abfällt. Um diese Immissionen noch genauer zu beschreiben liefert die Tabelle 2 für alle drei Spannungsebenen der Hoch- und Höchstspannung genaue Werte, getrennt für die elektrischen und magnetischen Felder. Außerdem werden die aktuell gemessenen Lastflüsse und die bei einer maximalen Last entstehenden Immissionen angeführt.

Die aktuellen Lastflüsse können mit einem Normalbetrieb einer Stromleitung gleichgesetzt werden, in welchem die Auslastung des maximalen Stromflusses bei ca. 50 Prozent liegt. Die höchste Auslastung ist durch den thermisch maximalen zulässigen Dauerstrom festgelegt. Der Grund für die geringere Auslastung im Normalbetrieb ist die Erreichung einer hohen Betriebssicherheit. Wie das (n-1) Kriterium (Kapitel 2.2.4) besagt, muss das zweite System bei einem Ausfall des anderen Systems die volle Last tragen können, um noch die Versorgungssicherheit zu gewährleisten (Brakelmann et al., 2009, S. 5).

Angegeben sind die Werte, welche direkt unter der Trasse und bei einem Abstand von 50 Metern zur Leitung gemessen wurden. Außerdem zeigt die letzte Spalte noch den Abstand zur Leitungstrasse, bei dem der Wert 0,01 kV/m für das elektrische und 0,1 µT für das magnetische Feld eingehalten wird.

Tabelle 2: Elektrische und magnetische Immissionen an 380-kV, 220-kV und 110-V Freileitungstrassen (in 1 m Höhe über dem Erdboden)

<i>Elektrische Immissionen einer Freileitungstrasse mit einer Spannung von</i>	<i>im Trassenbereich [kV/m]</i>		<i>50m Abstand zur Trasse [kV/m]</i>		<i>Abstand zur Trasse bis 0,01 kV/m erreicht ist [m]</i>	
	<i>aktuell</i>	<i>max.</i>	<i>aktuell</i>	<i>max.</i>	<i>aktuell</i>	<i>max.</i>
380-kV	5,92	8,81	0,59	0,63	356	405
220-kV	2,84	3,67	0,14	0,12	121	133
110-kV	1,59	2,19	0,05	0,05	116	115
<i>Magnetische Immissionen einer Freileitungstrasse mit einer Spannung von</i>	<i>im Trassenbereich [µT]</i>		<i>50m Abstand zur Trasse [µT]</i>		<i>Abstand zur Trasse bis 0,1 µT erreicht ist [m]</i>	
	<i>aktuell</i>	<i>max.</i>	<i>aktuell</i>	<i>max.</i>	<i>aktuell</i>	<i>max.</i>
380-kV	4,80	51,62	0,91	5,73	176	466
220-kV	2,60	24,91	0,12	0,92	50	132
110-kV	4,11	15,76	0,20	0,58	54	132

Quelle: Neitzke und Voigt, 2011, S. 7, eigene Darstellung

Generell ist gut zu sehen, dass die Immissionen mit der geringeren Spannungsebene deutlich abfallen und daher die 380-kV Leitung die erheblichsten Auswirkungen mit sich bringt.

Im Vergleich zu den offiziellen Grenzwerten von Österreich (siehe Kapitel 4.1.2) werden die magnetischen nicht und die elektrischen Immissionen nur bei der höchsten Spannungsebene im Normalbetrieb um +0,92 kV/m und bei einer maximalen Stromlast von +3,81 kV/m überschritten.

4.1.4 Gesundheitliche Auswirkungen von niederfrequentierten elektromagnetischen Feldern auf den Menschen

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen der elektrischen und magnetischen Felder auf den Menschen dargelegt.

Elektrische Felder

In allen Lebewesen kommen natürliche elektrische und magnetische Felder vor. Hierbei werden elektrisch geladene Teilchen bei vielen Stoffwechselfvorgängen in Bewegung gesetzt. Die Nerven leiten die Signale als elektrische Impulse weiter. Bleiben diese elektrischen Feldstärken schwach, so haben diese Felder nach dem heutigen Wissensstand keine nachteiligen Auswirkungen auf den Körper des Menschen. Diese elektrischen Feldstärken im Körper liegen nur bei 5 bis 50 Millivolt pro Meter (mV/m). Wird allerdings diese biologisch produzierte Feldstärke überschritten, so können Nerven- und Muskelzellen gereizt werden. Je größer diese Schwelle übertreten wird desto höher sind die gesundheitsschädlichen Auswirkungen auf den Körper. Bei einer Beeinträchtigung der Nervenleitung können sogar Herzrhythmusstörungen auftreten (Bundesamt für Strahlenschutz, 2014b, S. 3).

In der nachfolgenden Tabelle werden vom deutschen Bundesamt für Strahlenschutz Grenzwerte des elektrischen Feldes für den menschlichen Körper angeführt.

Tabelle 3: Wirkung der im menschlichen Körper erzeugten elektrischen Felder

<i>Elektrisches Feld im Körper</i>	<i>Auswirkungen</i>
ab 12 V/m / (0,012 kV/m)*	Akute Schädigung: Zusätzliche Herzkontraktionen, Herzkammerflimmern
ab 2 V/m / (0,002 kV/m)*	Nachgewiesene Gesundheitsgefahr: Erhöhte Erregbarkeit von Nerven- und Muskelzellen
ab 50 mV/m / (0,00005 kV/m)*	Nachgewiesene Wirkungen: Optische Sinneseindrücke, Einfluss auf Knochenheilung
Internationaler Basiswert für die beim Wechselstrom genutzte Frequenz von 50 Hz, Bereich im Körper natürlich vorkommender Feldstärken	
ab 20 mV/m / (0,00002 kV/m)*	Keine nachgewiesenen Wirkungen

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz, 2014b, S.3; eigene Darstellung; Umrechnung der Grenzwerte in kV/m*

Auf den ersten Blick ist erkennbar, dass alle Werte den gesetzlichen Grenzwert von 5 kV/m deutlich unterschreiten. Somit müsste eigentlich jede Stromleitung eine Gefährdung darstellen. Allerdings

kann eine in der Tabelle 3 beschriebene Gefährdung nur dann in Erscheinung treten, wenn der Körper über einen längeren Zeitpunkt den elektrischen Feldern ausgesetzt ist. Des Weiteren handelt es sich dabei um die Werte der elektrischen Felder im menschlichen Körper (Bundesamt für Strahlenschutz, 2014b, S.3).

Außerdem haben elektrische Felder die Eigenschaft, wie im Kapitel 4.1.1 beschrieben ist, dass sie sehr leicht abgeschirmt werden können. Hauswände isolieren praktisch gänzlich.

Gefährlicher ist es bei Herzschrittmachern und anderen elektronischen Implantaten. Diese können auch unterhalb des Grenzwertes (5 kV/m) durch elektrische Felder beeinflusst werden (Bundesamt für Strahlenschutz, 2014a, online).

Magnetische Felder

Anders verhält sich dies bei magnetischen Feldern, welche nicht abgeschirmt werden können. Sie ermöglichen das ungehinderte Eindringen in das Hausinnere und durch das biologische Material. Somit ist das Feld innerhalb des Körpers genauso hoch wie außerhalb (Neitzke und Voigt, 2012, S. 14).

Seit Jahrzehnten wird versucht die Wirkungen von niederfrequenten Feldern, zu welchen Hochspannungsleitungen zählen, auf den Menschen zu eruieren.

Elektromagnetische Felder haben Auswirkungen auf neurodegenerative Erkrankungen. Dabei kommt es zu einer langsam fortschreitenden Erkrankung des Nervensystems mit zunehmendem Verlust von Nervenzellen (Bundesamt für Strahlenschutz, 2014d, online). Jedoch lässt sich nicht feststellen, ob und in wie weit Hochspannungsleitungen tatsächlich damit zusammenhängen.

Mit epidemiologischen Studien wurde herausgefunden, dass Hochspannungsleitungen die Wahrscheinlichkeit von Leukämie bei Kindern erhöht (Neitzke und Voigt, 2012, S. 12).

In einer Studie aus Großbritannien sind Krankenakten von 29.081 Kindern mit Krebs, 9700 davon mit Leukämie, miteinander verglichen worden. Für jedes Kind wurde die Entfernung von der Wohnadresse zur nächsten Hochspannungsleitung gemessen. Das Ergebnis zeigt, dass bei Kindern, die näher als 200 Meter von den Leitungen entfernt gelebt haben im Vergleich zu den Kindern, die mehr als 600 Meter entfernt gewohnt haben, ein um etwa 70 Prozent erhöhtes Risiko auf die Entwicklung von Leukämie besteht. Für die anderen Krebsarten wurde hingegen kein Zusammenhang zur Nähe von Hochspannungsleitungen ermittelt. Des Weiteren zeigt die Studie im Vergleich zu früheren, dass das ein erhöhtes Risiko an einer Leukämieerkrankung auch bei einer Entfernung von bis zu 200 Meter zur Leitungssachse gegeben ist. Als Vergleich dienen Studien aus Schweden und Kanada, bei welchen ein erhöhtes Risiko auf Kinderleukämie gefunden worden ist, wenn Kinder innerhalb von 50 bis 100 Metern Abstand von den Hochspannungsleitungen lebten. Die meisten derartigen Untersuchungen kamen zum Ergebnis, dass 0,2 bis 0,4 μT mit einem erhöhten Risiko auf Kinderleukämie assoziiert wird (Grotenhermen, 2005, S. 1).

Daraus lässt sich schließen, dass ein Abstand von 100 Metern zu Siedlungen zu gering ist. Aus Tabelle 2 kommt hervor, dass bei einer durchschnittlichen Stromlast (Auslastung von ca. 60 %) bei einer

380-kV Freileitung bei einem Abstand von 50 Metern noch eine magnetische Belastung von $0,59 \mu\text{T}$ auf den menschlichen Körper besteht. Dieser Wert übertrifft den Wert aus den Studien, welcher auf ein erhöhtes Risiko auf Kinderleukämie schließen lässt.

Allerdings muss mit diesen Ergebnissen aus den Studien vorsichtig umgegangen werden, denn sie beruhen nur auf beobachteten statistischen Zusammenhängen.

Denn im Prinzip geben epidemiologische Untersuchungen wieder, dass kein kausaler Ursache-Wirkungs-Zusammenhang zwischen Leukämie bei Kindern und elektromagnetischen Feldern besteht. Es könnte diese Erklärung zufällig sein und auch auf anderen Faktoren beruhen, wie beispielsweise ein Radiowecker, der sich meist in der Nähe des Kopfes eines Kindes befindet und ebenfalls eine hohes Belastungspotential an elektromagnetischer Energie darstellt (Grotenhermen, 2005, S. 1).

4.2 Koronageräusche

Neben den elektromagnetischen Feldern, welche nicht durch die menschlichen Sinne wahrgenommen werden können, erzeugen Hochspannungsleitungen Koronageräusche, welche der Mensch mit dem Ohr erfassen kann. Jedoch wird dieser externe Effekt von den Bürgerinitiativen gegen Freileitungen als eher nebensächlich eingestuft. Diese Koronageräusche werden auch als Korona-Effekte bezeichnet.

4.2.1 Physikalische Entstehung

Unter ungünstigen Wetterbedingungen, z.B. bei sehr feuchter Witterung, wie Nebel, Regen oder Schnee, können Koronageräusche an Hochspannungsfreileitungen entstehen (Heutschi, 2010, S. 10).

Aufgrund des Stromflusses entstehen elektrische Felder zwischen den einzelnen Leitern einer Hochspannungsleitung und die dazwischen befindliche Luft dient als Isolator. Somit muss bei der Leiteranordnung darauf geachtet werden, dass die Luft als Isolator genügend Platz hat, um die Feldstärken der verschiedenen Leiterseile zu bändigen. Luft hat im Gegensatz zu festen oder flüssigen Isolierstoffen eine geringere elektrische Festigkeit. Es können sich auf den Leiterseilen Ablagerungen wie Staub, Regen oder Frost bilden und damit verändern sich aufgrund der gekrümmten Elektrodenkonturen die elektrischen Felder, was zu höheren elektrischen Feldstärken führt. Sollte die Luft als Isolator den Beanspruchungen der Felder nicht mehr standhalten können, so kommt es zu Entladungserscheinungen zwischen den Elektroden. Während der sogenannten Koronaentladung treten Druckwellen im Hör- und Ultraschallbereich auf. Den Ultraschallbereich kann das menschliche Ohr nicht wahrnehmen (der Hörbereich erstreckt sich von 20 Hz bis 20 kHz). Die Geräusche werden als ein Knistern und Brummen wahrgenommen. Neben den Druckwellen entstehen noch energetische Verluste bei der Stromübertragung. (Beer et al., 2005, S. 3 ff.).

Allerdings machen diese Koronaverluste bei Hochspannungsfreileitungen lediglich einen kleinen Teil der gesamten Übertragungsverluste aus.

Im Prozess der Koronaentladung kann es noch zur Ionisierung von Luftmolekülen und dadurch zu einer Entwicklung von Ozon und Stickoxiden kommen. Diese Ionen können bis zu einem Abstand von

mehreren Kilometern nachgewiesen werden. Sie tragen jedoch nur sehr wenig zum bodennahen Ozonpegel bei und werden daher nicht als eine nachhaltige Beeinträchtigung der lufthygienischen Situation angesehen (Meister et al., 2011, S. 101).

4.2.2 Lärm-Grenzwerte

Von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wurden im Sinne des vorbeugenden Gesundheitsschutzes folgende Richtwerte für Lärm im Freien für Tag und Nacht empfohlen (WHO, 1999, S. 65):

- Lärm bei Tag: 55 Dezibel (dB)
- Lärm bei Nacht: 45 dB

Neben dieser Empfehlung der WHO gibt es in Österreich Planungsrichtwerte für zulässige Lärm-Immissionen für die verschiedenen Widmungskategorien am Tag und bei Nacht im Freien. Diese sind gemäß der ÖNORM S 5021-1 und der ÖAL 3/1 in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 4: Lärm - Immissionsgrenzwerte in Dezibel [dB] im Freien

<i>Kategorie</i>	<i>Grundgeräuschpegel</i>		<i>Dauerschallpegel</i>		<i>Schallpegelspitzen</i>	
	<i>Tag 6:00 -22:00</i>	<i>Nacht 22:00 -6:00</i>	<i>Tag 6:00 -22:00</i>	<i>Nacht 22:00 -6:00</i>	<i>Tag 6:00 -22:00</i>	<i>Nacht 22:00 -6:00</i>
1	35	25	45	35	70	60
2	40	30	50	40	75	65
3	45	35	55	45	75	65
4	50	40	60	50	80	70
5	55	45	65	55	80	70
Kategorie 1	Ruhegebiet, Kurgebiet, Krankenhaus					
Kategorie 2	Wohngebiet in Vororten, Wochenendhausgebiet, ländliches Wohngebiet, Schulen.					
Kategorie 3	Städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen.					
Kategorie 4	Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel, Verwaltung ohne Lärmimmission, Wohnungen, Betriebe ohne Lärmimmission).					
Kategorie 5	Betriebe mit geringer Lärmimmission (Verteilung, Erzeugung, Dienstleistung, Verwaltung).					

Quelle: APG, 2004, S. 24, eigene Darstellung

4.2.3 Schallimmissionen von Freileitungen

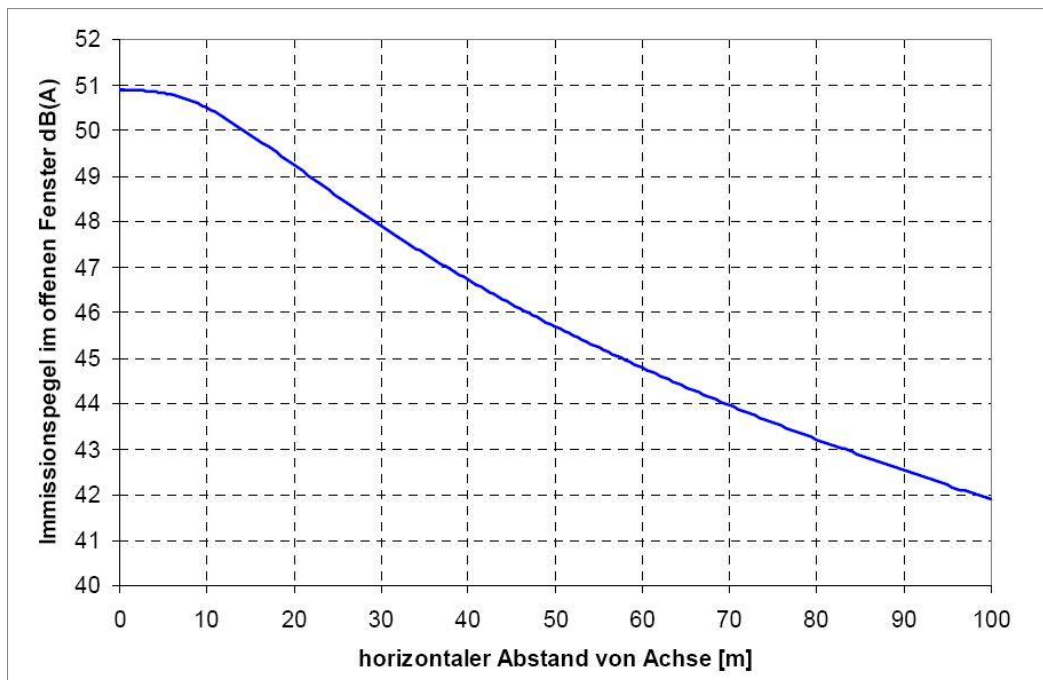
Die Intensität der Koronageräusche ist von zwei wesentlichen Faktoren abhängig. Dies ist die Höhe der elektrischen Feldstärke, welche größtenteils durch die Höhe der Spannung der Leitung und den Witterungsbedingungen bestimmt wird.

Schallimmissionen hängen wie bei den elektromagnetischen Immissionen auch von der Beschaffenheit der Leitung ab. Hier spielen insbesondere der Leiterseildurchhang, die Anzahl der Leiterseile und die Abstände der Leiterseile zueinander eine entscheidende Rolle.

Des Weiteren ist auch für die Höhe der Schallimmission entscheidend, ob eine Leitung als 2er-, 3er- oder 4er-Bündel ausgeführt wird. Ein Bündel mit mehreren Leiterseilen gilt als geräuschärmer. Bei der Ausführung der 380-kV Steiermarkleitung wurde durch die Wahl eines 3er-Bündels im Vergleich zum 2er-Bündel der Lärm um 20 dB reduziert (Gemeinde Empersdorf, 2009, S. 7).

In der nachfolgenden Abbildung werden für eine 380-kV Freileitung mit zwei Systemen, die als 2er-Bündel ausgeführt ist, die mit der zunehmenden Entfernung der Trasse abnehmenden Schallimmissionen dargestellt. Dabei nehmen die Immissionen relativ gleichmäßig mit größer werdender Distanz ab.

Abbildung 8: Querprofil des Schalldruckpegels im offenen Fenster für eine typische 380-kV Zweierbündelleitung mit zwei Systemen



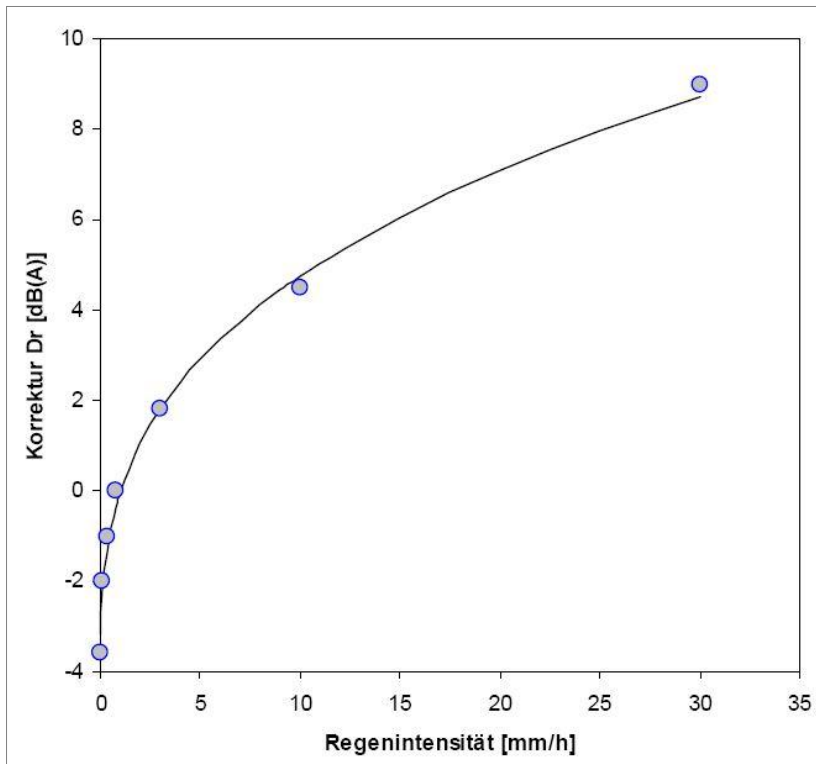
Quelle: Heutschi, 2010, S. 10

Mit Immissionen von 42 dB bei einer Entfernung von 100 Metern werden bereits die Immissionsgrenzwerte (Tabelle 4) in der Kategorie 1 und 2 teilweise überschritten. Somit dürfte diese Hochspannungsleitung nicht mehr innerhalb einer Entfernung von 100 Metern von Krankenhäusern, Ruhe- und Kurgebieten errichtet werden. Hingegen im Wohn- oder Kerngebiet wäre dies nach diesen Grenzwerten noch möglich, ohne andere Aspekte zu beachten.

Dass die Lärmimmission stark von der Witterung abhängt zeigt die Abbildung 9. Hier ist die Regenintensität mit der Schallimmission gekoppelt. Aus dem Diagramm lässt sich schließen, dass eine hohe Regenintensität eine Korrektur zulasten einer höheren Lärm-Immission einer Freileitung zur

Folge hat. Ob es eine Regenintensität von 30 mm/h oder keinen Regen hat, macht einen Unterschied von bis zu 12 dB an Schallimmissionen.

Abbildung 9: Regenabhängigkeit der Schallimmissionen einer Hochspannungsfreileitung.



Quelle: Heutschi, 2010, S. 12

Bereits kleine Unterschiede zwischen zwei Schallpegeln werden von Menschen deutlich wahrgenommen. Beispielsweise kann für Geräusche im Bereich von 40 dB eine Erhöhung von +1 dB noch kaum wahrnehmbar sein, jedoch eine Anhebung von +3 dB kann bereits deutlich hörbar sein. Und ein Sprung von 40 dB auf 50 dB wird als etwa doppelt so laut empfunden (Umweltbundesamt, 2014, online).

4.3 Naturgefahren

Hochspannungsleitungen sind in flachen, hügeligen, steilen und exponierten Lagen zu finden, denn die Stromversorgung muss in jedem Zivilisationsbereich funktionieren.

Strommasten sind an jedem Standort, sei es an exponierten Stellen wie steilen Hängen oder in flachen windigen Gebieten, der Natur ausgesetzt und müssen jeder Witterungslage standhalten, um die Versorgungssicherheit aufrecht zu erhalten.

Die Stromversorgung kann jedoch empfindlich durch Naturgewalten beeinträchtigt werden. In Österreich sind zahlreiche Umwelteinflüsse relevant, welche für die Hochspannungsleitungen eine Gefahr darstellen. Diese Gefahren wurden hier in zwei Kategorien eingeteilt. Zum einen Einwirkungen auf die Masten von unten und zum anderen von oben. Die Kräfte von unten, welche die Stromversorgung ins Wanken bringen können, sind Murenabgänge, Hangrutschungen, Lawinen und umfallende Bäume. Zu den Beeinträchtigungen von oben zählen Wind und Eis.

4.3.1 Wetterkapriolen durch heftigen Niederschlag

Heftige Unwetter sind in Österreich in den Sommermonaten keine Seltenheit. Nach tagelangen Unwettern können Murabgänge, Hangrutschungen, Steinschlag oder im Winter Lawinen Strommasten aus ihrer Verankerung reißen.

Daher gilt es bei der Standortfindung der Trasse auf die Naturgefahren Acht zu geben. Insbesondere wird hier auf die morphologischen Gegebenheiten innerhalb einer Breite von 200 m entlang der Trassenachse geachtet, um alle möglichen potentiellen Gefahren der Natur ausfindig zu machen. Obwohl es sich um ein linienförmiges Bauwerk handelt, muss im Prinzip nur die Umgebung eines Maststandortes genauestens untersucht werden, da die Leiterseile ohnehin in der Luft hängen (Buresch et al., 2013, S. 6).

Besonders oft in den vergangenen Jahren sind Stromversorgungsprobleme durch umstürzende Bäume aufgrund von heftigen Unwettern aufgetreten. Hier sind üblicherweise die Leiterseile betroffen, welche beschädigt werden können.

Als Beispiel dient eine Stromversorgungsunterbrechung im Bezirk Murtal aus dem Jahr 2012. Dabei haben im Zuge von heftigen Unwettern mit Hochwasser und Murenabgängen in der Gemeinde Kobenz mehrere Bäume eine Stromleitung durchtrennt (Kleine Zeitung, 2012, online).

Aus diesem Grund muss die Trasse großräumig von großen Bäumen freigehalten werden.

4.3.2 Wind- und Eislast

Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt können die Leiterseile vereisen. Das Gewicht der Leiterseile erhöht sich zunehmend und die Maste müssen diesen Eislasten standhalten.

Ein Beispiel aus Slowenien zeigt, wie die Strommasten dem Gewicht des Eises nicht mehr standhielten. Es passierte im Februar 2014 als durch heftigen Eisregen und Schnee die Stromversorgung in weiten Teilen des Landes unterbrochen wurde. In der folgenden Abbildung sind zwei Strommasten zu sehen, welche diesen Wetterkapriolen nicht gewachsen waren (Trautmann, 2014, online).

Abbildung 10: Umgeknickte Strommasten durch Eisregen und Schnee in Slowenien



Quelle: THW, 2014, online

Neben diesen Eislasten ist auch die Windlast ein Thema mit dem die Stromleitungen sich zurecht finden müssen.

Internationale Beispiele zeigen, dass durch starke Winde die Stromversorgung für ganze Gebiete ausfallen kann. Im Jänner 2005 hat der Hurrikan Gudrun mit Sturmspitzen von 140 km/h über Südschweden gewütet und über 400.000 Menschen sind ohne Strom gewesen. Mit 20.000 Kilometer beschädigtem und 2.000 Kilometer zerstörtem Leitungsnetz waren die Schäden enorm und beliefen sich auf 130 Mio. Euro. 1998 mussten in Quebec durch einen Eissturm 1,4 Mio. Kunden mehrere Tage und etliche sogar bis zu einem Monat ohne Strom auskommen (Layr, 2007, S. 292).

Um diese Umstände zu vermeiden, ist es erforderlich, bereits bei der Planung der Hochspannungsleitungen genau auf die möglichen Umwelteinwirkungen Bedacht zu nehmen.

Grundsätzlich müssen die Beschaffenheit der Masten und der Abstand zwischen den Masten selbst so gewählt werden, dass die im betroffenen Gebiet zu erwartenden Wind- und Eislasten sicher bewältigt werden können. Bei 380-kV Leitungen sind Spannweiten zwischen den Masten von 300 bis 500 Metern üblich (Hofmann und Rathke, 2011, S. 9).

4.4 Auswirkungen auf die Natur

Freileitungen sind technische Bauwerke, die sich ihren Weg durch die Natur bahnen. Größtenteils müssen bei der Errichtung Hindernisse wie Wälder den Masten und Leiterseilen weichen. Dadurch stellt diese Anlage einen Einschnitt in die Natur dar.

4.4.1 Flächeninanspruchnahme

Im Vergleich zu Erdkabeln wird bei Freileitungen lediglich am Maststandort aktiv in den Boden eingegriffen und somit kommt es nur zu punktuellen Eingriffen, trotz einer linienförmigen technischen Anlage. Allerdings besitzen Freileitungen eine sehr breite Trasse mit einem Schutzstreifen, welcher von Bäumen freigehalten werden muss. Lediglich kleinwüchsige Sträucher können dort gepflanzt werden (Meister et al., 2011, S. 87).

In der Tabelle 5 sind Richtwerte für die Länge einer Trasse und die Höhe einer Freileitung mit Höchstspannung für Stahlgittermasten angegeben. Ein Blick auf die Mastbilder der drei Stahlgittermasten kann in der Abbildung 6 im Kapitel 3.3.2 getätigt werden.

Tabelle 5: Raumannspruch von Freileitungen mit Höchstspannung

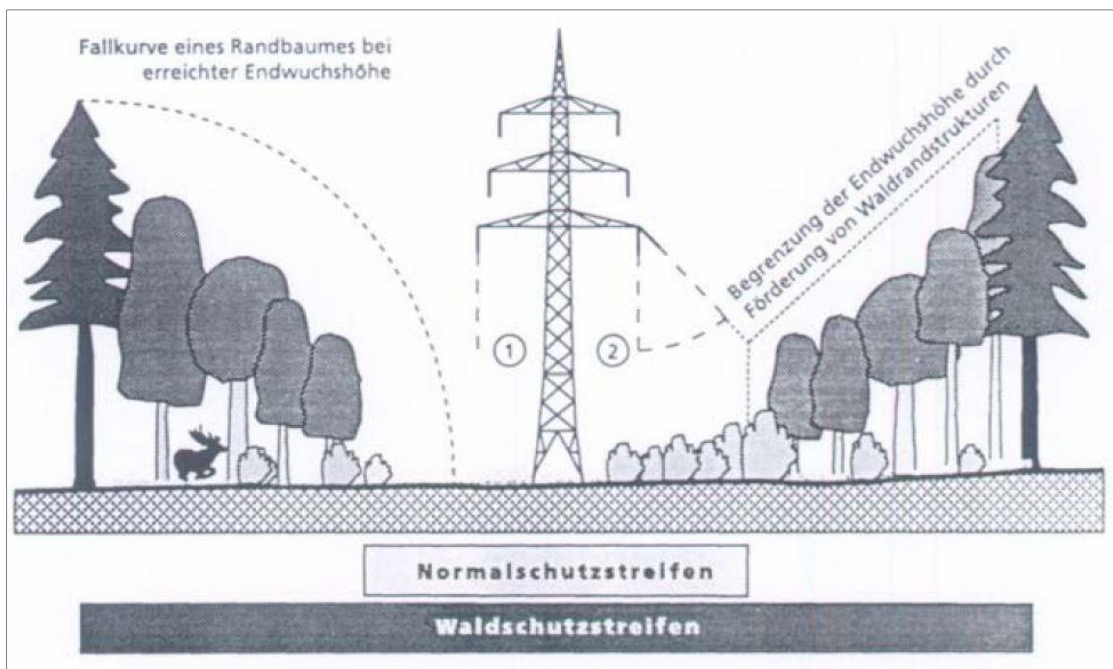
<i>Masttyp</i>	<i>Trassenbreite</i>	<i>Höhe</i>
Einebenenmast	bis 80 m	20-40 m
Donaumast	50-70 m	40-
Tonnenmast	40-55 m	> 60 m

Quelle: Neuling, 2012, S. 8, eigene Darstellung

In der Abbildung 11 ist ein Schutzstreifen dargestellt, wie er in der Natur vorkommt. Zusätzlich neben dem Normalschutzstreifen ist noch der Waldschutzstreifen abgebildet.

Der Normalschutzstreifen hat in der Regel bei 380-kV Leitungen eine Länge von 60-75 Meter, wovon in etwa 30 Meter für die Spannweite der Leiterseile bemessen wird (Forum Netzintegration, 2012, S. 3). Somit kommt der Waldschutzstreifen in der Abbildung 11 auf eine Länge von ca. 150 Meter, wobei dies von der Höhe der umgebenden Bäume abhängig ist. Die Fallkurve des höchsten Baumes darf sich nicht mit den Leiterseilen kreuzen, da sonst im Falle eines Baumsturzes die Versorgungssicherheit in Gefahr ist (siehe Kapitel 4.3.1).

Abbildung 11: Querschnitt einer Hochspannungsleitung durch eine Waldschneise



Quelle: Knoll und Rittsteuer, 2004, S. 9

Grundsätzlich bleibt die Fläche unter den Leiterseilen frei und dient als Schutzstreifen. Diese Fläche kann unter bestimmten Voraussetzungen bebaut und landwirtschaftlich genutzt werden, jedoch stellen die bestehenden Masten für die Landwirtschaft störende Elemente dar (Hofmann und Rathke, 2011, S. 318).

Im Normalfall ist aber eine Bebauung nicht zulässig und die Widmung Bauland kann für diesen Schutzstreifen ausgeschlossen werden. Daher kommt es zu Nutzungskonflikten aufgrund einer möglichen Verringerung des verfügbaren Baulands. Dieser externe Effekt einer Freileitung wird der Liegenschaftsentwertung (Kapitel 4.6) zugeordnet, da es dadurch zur Wertminderung des betroffenen Grundstücks kommt.

Als besonders unkompliziert funktioniert die Querung von Verkehrswegen und Gewässern mit Freileitungen, denn in den meisten Fällen können diese Hindernisse einfach überspannt werden (Hofmann und Rathke, 2011, S. 18).

4.4.2 Eingriff in ökologisch wertvolle Naturgebiete

Die einzige versiegelte Fläche bei Freileitungen ist der betonierte Mastsockel. Dort ist ein vollständiger Verlust der Lebensfunktionen des Bodens die Folge (Meister et al., 2011, S. 87).

Abbildung 12: Typische Waldschneise einer Hochspannungsleitung



Quelle: Neuling, 2012, S. 20

Wie die Abbildung 12 veranschaulicht, kann viel mehr Fläche durch eine Hochspannungsleitung in Anspruch genommen werden. In diesem Fall musste der Wald dem Schutzstreifen weichen.

Dieses Anlegen einer Schneise stellt insbesondere in naturnahen und ökologisch sehr wertvollen Wäldern einen massiven Eingriff in das Landschaftsgefüge und den Naturhaushalt dar. Hingegen anders verhält sich die Lage bei reinen Wirtschaftswäldern, die als Monokulturen gelten und eine sehr geringe Artenvielfalt aufzeigen. Dort ist die ökologische Wertigkeit sehr klein und die Waldschneise kann durch eine bewusste Bepflanzung eines hohen Pflanzenspektrums zu einem ökologisch wertvollen Naturhaushalt hergestellt werden (Schüssler, 1993, S. 4).

Jedoch stellt dies in weiterer Folge auch einen höheren Instandhaltungsaufwand für die Betreiber der Leitung dar, da die wachsende Vegetation regelmäßig vom Netzbetreiber zurückgeschnitten werden muss (Knoll und Rittsteuer, 2004, S. 9). Aus Sicht des Netzbetreibers bietet sich eine landwirtschaftliche Nutzung dieser Flächen an, da so im unmittelbaren Schutzbereich ein Zurückschneiden der Buschwerke nicht notwendig ist, sondern es muss nur der Waldschutzstreifen auf eine für die Leiterseile ungefährliche Höhe gestutzt werden.

Grundsätzlich kommt es bei Walddurchquerungen zum Verlust von Waldflächen, welche als Habitatverluste für die Tier- und Pflanzenwelt gelten.

Starkstromleitungen ab einer Spannungsebene von 110-kV müssen sich in schutzwürdigen Gebieten einer UVP unterziehen (UVP-G 2000, Anhang 1, Z. 16b). Zu diesen schutzwürdigen Gebieten zählen beispielsweise die Natura 2000 Gebiete und Nationalparks (siehe Kapitel 2.6). Im Zuge dieser UVP werden die Auswirkungen auf die Natur analysiert und es können Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen vorgenommen werden, um eine Genehmigung zum Bau der Anlage zu bekommen.

4.4.3 Beeinträchtigung der Avifauna

Hochspannungsleitungen stellen eine besondere Gefahr für Vögel dar. Untersuchungen haben ergeben, dass es folgende gefährliche Faktoren für Vögel im Zusammenhang mit Freileitungen gibt:

- Stromschlag durch die Kollision mit der Leitung (Kurzschluss oder Erdschluss)
- Vogelschlag in Folge des Masten- oder Leitungsseilanfluges
- Verlust oder Entwertung von Habitatflächen
- Zerschneidung von Brut-, Rast-, Nahrungshabitaten und Wanderkorridoren

Grundsätzlich sind alle flugfähigen Vögel unabhängig von ihrer Größe potentiell kollisionsgefährdet. Jede Art von Freileitung stellt ein Risiko für die Vögel dar, da sie die Entfernungen zu den unnatürlichen horizontalen Strukturen schlecht wahrnehmen können. Am meisten von Kollisionen betroffen sind die auf dem Mast am höchsten angeordneten Erdseile, da sie einzeln hängen, sehr dünn und somit leichter zum Übersehen sind (Meister et al., 2011, S. 64 f.).

Freileitungen haben auch eine Anreizwirkung für Greif- und Rabenvögel, da die Strommasten die fehlenden Bäume als Ansitzwarten ersetzen. Als besonders gefährdete Vogelarten gelten die Großvögel (Störche, Reiher, Kraniche, Trappen), Zugvögel aufgrund ihrer niedrigen Flughöhe von 20-50 m, Rast- und Brutvögel (Neuling, 2012, S. 12 ff.).

Das Risiko der Kollision kann durch Erdseilmarkierungen und ein an die Habitatflächen der Vögel angepasstes Trassenmanagement verkleinert werden. Jedoch bleibt bei Freileitungen immer ein Restrisiko aufrecht.

4.5 Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Siedlungsfunktion

Um eine Auswirkung von Hochspannungsleitungen auf das Landschaftsbild festzustellen, muss, wie im Kapitel 3.2 beschrieben, eine wissenschaftliche Bewertung durchgeführt werden, in welcher die Erheblichkeit einer Freileitungsanlage anhand des Empfindlichkeitsgrades der Landschaft festgestellt wird. Zuerst wird der Empfindlichkeitsgrad gemessen, welcher auf der Vorbelastung eines Landschaftsbereiches beruht (Nohl, 1993, S. 24). Anders ausgedrückt kann die Vorbelastung auch als die visuelle Verletzlichkeit bezeichnet werden. Diese wird durch die individuellen Eigenschaften der Landschaftselemente bestimmt. Jedes Landschaftselement besitzt seinen eigenen ästhetischen Wert, welcher nach der Größe, Konstruktion, Material usw. erfasst wird (ebd., S. 11).

Die ästhetisch negative Wirkung von Freileitungen auf das Landschaftsbild nimmt mit größer werdendem Abstand ab bis sie am Horizont verschwindet oder an einem Hindernis endet (ebd., S. 18).

Daraus lässt sich schließen, je größer eine Freileitung ist und je näher diese an einem Siedlungsgebiet oder einem Landschaftsschutzgebiet grenzt, desto größer ist die wahrgenommene Beeinträchtigung. Bei einem größeren Maßstab von Bauwerken gegenüber der vorhandenen Siedlungsbebauung werden visuelle Zerschneidungseffekte hervorgerufen. Dabei kommt es zu einer negativen visuellen Veränderbarkeit der Landschaft (Meister et al., 2011, S. 98).

Beispielsweise, wenn eine Freileitung parallel zu einer Autobahn, Bahnanlage oder einem höheren Windschutzgürtel verlaufen würde, dann wäre die Beeinträchtigung sehr gering für das Gesamtbild der Landschaft (Nohl, 1993, S. 37). In diesem Fall bleibt die visuelle Verletzlichkeit klein aufgrund der bereits bestehenden Vorbelastung.

Hochspannungsleitungen in Sichtweite zu Siedlungen haben eine negative psychologische Wirkung auf die dort wohnenden Menschen. Aufgrund der akustischen Geräusche wie das Brummen und Knistern, kann es als ein Gefühl der Bedrohung beschrieben werden. Als weiterer Grund für diese Abneigung ist die negative Einstellung gegenüber den elektromagnetischen Feldern, welche nicht offensichtlich spürbar, aber im Bewusstsein vorhanden sind. Somit haben Hochspannungsleitungen einen negativen Effekt auf das Siedlungsgefüge im psychologischen Sinn (Schüssler, 1993, S. 5).

Leitungen mit Höchstspannung werden von einer nicht vorbelasteten Wohnsiedlung von etwa 220 Meter Entfernung als eine Beeinträchtigung angesehen (Meister et al., 2011, S. 98 f.). Diese Entfernung kann als Nahzone zum Ortsbild angesehen werden und aus der Mittel- oder Fernzone sind die Freileitungen immer noch zu sehen, jedoch verliert ihre Wirkung an Erheblichkeit auf das Landschaftsbild.

Generell sollten landschaftliche Aussichtsräume und bevorzugte Blickrichtungen wie zum Beispiel auf Kirchtürme, Burgen und Alleen von Überspannungen mit Freileitungen freigehalten werden (Nohl, 1993, S. 39).

4.6 Liegenschaftsentwertung

Im letzten Abschnitt der externen Effekte geht es daher um den Wertverlust der Liegenschaften bzw. um die Baulandentwertung.

Die Liegenschaftsentwertung drückt im Prinzip die bisherigen beschriebenen externen Effekte zusammengefasst als ökonomischen Wert aus. Jedoch ist es schwer festzustellen, wie groß die Wirkung der einzelnen externen Effekte von Freileitungen auf den Grundstückswert ist.

4.6.1 Quantifizierung der Liegenschaftsentwertung

Zahlreiche Studien haben sich über die Jahre mit dem Einfluss von Hochspannungsleitungen auf den Wert von Liegenschaften befasst. Der Einfluss von Hochspannungsleitungen auf den Immobilienpreis ist durchaus gegeben, jedoch ist der Wert für die Liegenschaften stark abhängig von vielen Faktoren und schwer messbar.

Einige Studien zeigen auch keinen signifikanten Effekt von Hochspannungsleitungen auf Grundstückspreise. In jedem Fall hängt der Einfluss von Hochspannungsleitungen auf den Grundstückswert mit einer Wohnnutzung von fünf zusammenspielenden Faktoren ab:

- dem Abstand der Freileitung zum Grundstück,
- der Sicht vom Grundstück auf die Freileitungsmasten und Leiterseile,
- der Spannungsebene und der damit verbundenen Masthöhe (Mastbild),
- dem Ausmaß der restlichen umgebenden Landschaftsvorbelastung (Nachbarschaft)
- und der Topographie der Umgebung (Jackson und Pitts, 2007, S.323).

Eine Reduzierung des Liegenschaftswerts wird üblicherweise mit der visuellen Unattraktivität der Leitungen und den externen Effekten, wie Gesundheitsbedenken aufgrund der elektromagnetischen Felder und Koronageräusche, assoziiert. Wenn die Sicht auf die Leitung auch aus der Ferne ungehindert ist, so kann ein negativer Einfluss auf den Liegenschaftswert bis zu 400 Metern auftreten. Wird die Sicht auf die Leitung durch Bäume, die Topographie der Landschaft oder andere Bauten auf die Leitung verdeckt, so reduziert sich der negative Einfluss deutlich (ebd.).

Um den Wertverlust aufgrund von unterschiedlichen Entfernungen der Hochspannungsleitung zum Grundstück genauer zu betrachten, wurden verschiedene Studien gegenüber gestellt, welche unterschiedliche Ergebnisse zeigen.

Tabelle 6: Abnehmender Wertverlust der Liegenschaften aufgrund zunehmender Entfernung von Hochspannungsleitungen

<i>Abstand einer Leitungssachse zum Grundstück (2x 275-kV)</i>	<i>Elliott und Han, 2014¹</i>	<i>Abstand von der Leitungssachse zum Grundstück (110-kV)</i>	<i>Callanan and Hargreaves 1995²</i>
	<i>Wertverlust in %</i>		<i>Wertverlust in %</i>
0-50 m	- 20 %	10 m	-27 %
50-100 mt	-15 %	20 m	-13,6 %
100-200 m	- 7 %	50 m	-5,4 %
über 200 m	kleiner Wertverlust; nicht relevant	100 m	-2,7 %

Quelle: Elliott und Han, 2014, S.8¹; Callanan und Hargreaves, 1995, zitiert nach Sims, 2002, S. 5²

Bei der Studie von Elliott und Han wurden alle Liegenschaftstransaktionen in einer Wohnsiedlung mit knapp 13 Kilometer Länge, welche zwischen Jänner 2001 und November 2010 getätigt worden sind, mit einbezogen. Insgesamt wurden über 5000 Grundstücksverkaufstransaktionen registriert. Durch das Untersuchungsgebiet verläuft seit den 70er Jahren eine Hochspannungsleitung mit einer Spannung von 275-kV und 2003 kam eine zweite Leitung der gleichen Spannung mit zwei Systemen hinzu (Elliott und Han, 2014, S.5).

Eine sehr starke Korrelation gab es zwischen der Nähe zu den Hochspannungsleitungen und dem durchschnittlichen Preis der Häuser (ebd., S. 8), welche den größeren Wertverlust bei geringerem Abstand zur Leitungssachse aus der Tabelle 6 verdeutlicht. Denn die Korrelation weist darauf hin, dass bei einem steigenden durchschnittlichen Grundstückspreis der Abstand zur Leitung größer wird.

Als Vergleich zur Studie von Elliott und Han dient eine Studie von Callanan und Hargreaves aus dem Jahr 1995, bei welcher der Einfluss einer 110-kV Leitung auf eine Wohnsiedlung in Neuseeland in Wellington untersucht wurde. In der Tabelle 6 sind die Wirkungen auf die Grundstückspreise abzulesen und es lässt sich erkennen, dass aufgrund der kleineren Masten mit zunehmender Entfernung der Wertverlust deutlich schneller abnimmt als bei der 275-kV Leitung. Auffallend ist bei

dieser Studie, dass die Masten einen wesentlich höheren Einfluss auf den Wertverlust haben als die Leiterseile (Sims, 2002, S. 5).

Der Einfluss von Hochspannungsleitungen auf den Grundwert von Grünland wird in den meisten Studien weggelassen. In folgender Studie wurde eine Grundentwertung von 1,11 Prozent bis 2,44 Prozent für den ländlichen Raum ermittelt. Jedoch wurden diese Unterschiede statistisch als nicht signifikant angesehen (Jackson, 2010, S. 34 f.).

4.6.2 Entschädigungszahlung

Bei einer Liegenschaft, die von einem Bau, einer Erhaltung, einem Betrieb, einer Änderung oder einer Beseitigung einer elektrischen Leitungsanlage betroffen ist, muss der Leitungsbetreiber dem Grundstückseigentümer oder den Berechtigten vom Grundstück den entstandenen Wertverlust angemessen entschädigen (Starkstromwegegesetz 1968, § 17). Diese Regelung nach dem Bundesgesetz betrifft elektrische Leitungsanlagen, die sich auf zwei oder mehr Bundesländer erstrecken. Betrifft die Anlage nur ein Bundesland, so wird das jeweilige Starkstromwegegesetz des Landes angewendet. Beispielsweise bei der Planung der Salzburgleitung ist die Entschädigung für die Einräumung von Leitungsrechten im § 63 des Salzburger Landeselektrizitätsgesetzes 1999 geregelt.

Als Beispiel, wie in einem Planungsverfahren in Österreich mit Entschädigungszahlungen für eine Grundinanspruchnahme durch zu geringe Abstände von Hochspannungsleitungen umgegangen wird, dient die Planung der bereits oben erwähnten 380-kV Salzburgleitung.

Bei der geplanten Trasse sind 203 Häuser weniger als 200 Meter von der Leitungssachse entfernt, weitere 300 liegen näher als 400 Meter. Die Entschädigung für die Grundinanspruchnahme ist in der Rahmenvereinbarung mit der Landwirtschaftskammer Salzburg vom Oktober 2010 für alle Grundeigentümer einheitlich geregelt. Diese Regelung sieht für Abstände innerhalb von 200 Metern folgende Beträge vor (Rief, 2010, online):

- innerhalb von 200 m: 2000 Euro
- innerhalb von 150 m: 4000 Euro
- 70 bis 100 m: 8000 Euro

Erstaunlich ist, dass das Trassenmanagement einen geringeren Abstand zu Häusern plant als im Salzburger Elektrizitätsgesetz festgeschrieben ist.

Denn das Salzburger Elektrizitätsgesetz 1999 sieht nach § 54a eine Erdverkabelung in sensiblen Bereichen auf technisch und wirtschaftlich effizienten Teilabschnitten von Leitungsanlagen mit einer Nennspannung von mehr als 110-kV vor. Dabei wird betont, dass zur Erteilung der Bau- und Betriebsbewilligung von Leitungsanlagen das öffentliche Interesse zur Vermeidung von Nutzungskonflikten gilt (Salzburger LEG 1999, § 54a, Abs. 1-2).

(3) Als sensible Bereiche gelten Bereiche, in denen der von der Achse einer Leitungsanlage gemessene Abstand unterschreiten würde:

1. 400 m zwischen einer Freileitung und dem im Flächenwidmungsplan der Gemeinde ausgewiesenen Bauland der Kategorien des § 30 Abs 1 Z 1 bis 5 und 9 des Salzburger Raumordnungsgesetzes 2009;
2. 200 m zwischen einer Freileitung und einzelnen der dauernden Wohnnutzung dienenden Bauten auf Flächen, die nicht gemäß § 30 Abs 1 Z 1 bis 5 und 9 ROG 2009 gewidmet sind. (Salzburger LEG 1999, § 54a, Abs. 3).

Bauland der Kategorien des § 30 Abs 1 Z 1 bis 5 und 9 des Salzburger Raumordnungsgesetzes 2009 umfasst ausschließlich Baulandwidmungen mit Wohnnutzung (reines Wohngebiet, erweitertes Wohngebiet, Kerngebiet, ländliches Kerngebiet, Dorfgebiet, Zweitwohnungsgebiet) (Salzburger ROG, 2009, § 30 Abs 1. Z. 1-5, 9).

Der § 54a des Salzburger LEG 1999 ist erst seit dem 25.03.2009 in Kraft und wurde daher in Anlehnung an die Planung der Salzburgleitung in das Gesetz aufgenommen. Dieses Gesetz soll Nutzungskonflikte zwischen den Anrainern und den Leitungsbetreibern vermeiden und die Erdverkabelung in technisch und wirtschaftlich effizienten Teilabschnitten forcieren, um so eine Beschleunigung im Genehmigungsprozess zu erreichen.

Allerdings befinden sich trotzdem über 500 Häuser näher als 400 Meter zur Leitungsachse. Diese Bereiche gelten offensichtlich nicht als technisch und wirtschaftlich effiziente Teilabschnitte für eine Erdverkabelung.

5 Kontingente Bewertungsmethode zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft für ein Landschaftsbild ohne Hochspannungsleitungen in St. Anton am Arlberg

In den vorangegangenen theoretischen Kapiteln wurden Inhalte über das Landschaftsbild und die externen Effekte von Freileitungen erarbeitet.

In den zwei kommenden Kapiteln wird nun konkret ein Praxisbezug mit bestehenden Freileitungen in Österreich hergestellt. Ausgewählt wurde die Gemeinde St. Anton am Arlberg in Tirol, welche sich aufgrund der Nähe der Freileitungen zum Siedlungsgebiet eignet, um die Forschungsfrage adäquat zu beantworten.

In weiterer Folge werden in diesem Kapitel noch die ökonomischen Bewertungsmethoden vorgestellt, die es ermöglichen, das Landschaftsbild unter einen ökonomischen Gesichtspunkt zu erfassen. Darunter ist auch die angewandte kontingente Bewertungsmethode.

5.1 Ökonomische Methoden zur Bewertung von Umweltgütern

Umweltgüter, wie die Landschaft, welche aufgrund ihrer Kollektivguteigenschaft nicht auf Märkten gehandelt werden und daher keine Marktnachfragefunktion vorhanden ist, haben dennoch einen ökonomischen Wert. Es lässt sich beobachten, dass Menschen Aufwendungen auf sich nehmen, um die Umwelt beim Wandern oder Baden als Erholungszweck zu nutzen, oder für ein Haus in einer idyllischen ruhigen Umgebung einen höheren Preis zahlen als für eine Unterkunft in der Nähe eines Gewerbegebiets, oder Marktgüter nachfragen, die Umweltbelastungen verringern, wie zum Beispiel Schallschutzfenster. Diese individuelle Wertschätzung für Umweltgüter gilt es mit Hilfe von ökonomischen Bewertungsmethoden herauszufinden (Schneider, 2001, S. 159).

Grundsätzlich wird bei der monetären Bewertung von Umweltgütern zwischen direkten und indirekten Methoden unterschieden. Bei direkten Methoden werden die Präferenzen bezüglich der Nachfrage nach einem Umweltgut durch direkte Befragungen quantifiziert. Im Gegensatz dazu wird bei indirekten Methoden die Nachfrage nach einem Umweltgut über den Erwerb von Gütern, denen ein enger Zusammenhang mit der Erholungsfunktion der Landschaft zukommt, auf privaten Märkten bestimmt (Hackl, 1997, S. 81).

Zu den indirekten Methoden zählen die Methode der hedonischen Preise und die Aufwandmethode.

Die Basis der **Methode der hedonischen Preise** ist, dass der Wert eines privaten Gutes durch seine Produktcharakteristiken ermittelt wird. Die Nächtigungspreise einer Urlaubsregion werden durch Umgebungseigenschaften wie Lage und Ausstattung des Hotels (Immobilien- und Grundstückspreise), Verkehrseinbindung des Ortes, Umweltvariablen (Luftqualität, Nähe zur unberührten Natur) beeinflusst. Diese Produkteigenschaften sind von Unterkunft zu Unterkunft unterschiedlich. Es kann sein, dass die Nächtigungskosten von Unterkünften mit zunehmender Entfernung eines idyllischen ruhigen Naturerholungsgebiets abnehmen, da die empfundene Wohnqualität abnimmt (Hackl, 1997, S. 86).

Aus den Preisdifferenzen der Umgebungseigenschaften kann der Wert der Umweltqualität quantifiziert werden. Diese Methode wurde für die Bewertung des Landschaftsbildes von St. Anton am Arlberg nicht angewendet, da die Erdverkabelung noch nicht realisiert ist und daher keine Preisdifferenzen gebildet werden können. Lediglich durch den Vergleich mit anderen Landschaftsabschnitten lassen sich aus den Unterschieden die Umweltqualität berechnen. Des Weiteren lässt sich aufgrund der geringen Anzahl an Liegenschaftstransaktionen in St. Anton am Arlberg keine eindeutige statistische Auswertung anhand der Immobilien- und Grundstückspreise bemessen.

Bei der **Aufwandmethode**, auch unter dem Namen Reisekostenansatz bekannt, erfolgt die Erfassung des Nutzens eines Umweltgutes über komplementäre Gütermärkte. Es wird der Wert des Landschaftsbildes in Höhe der privaten individuellen Aufwendungen der Anreise zum Urlaubsort angegeben. Es werden die Fahrt- und Zeitkosten des Besuchers für die Anreise zum Urlaubsort als Maßstab für den empfundenen Nutzen gewertet (Hackl, 1997, S. 82).

Aus dem Zusammenhang zwischen Reisekosten und der Besuchshäufigkeit errechnet sich der Wert für das Landschaftsbild, welche mit Hilfe der Konsumentenrente berechnet wird. Bei der Erfassung der Konsumentenrente werden die Differenzen der maximalen Zahlungsbereitschaft und den Reisekosten der Urlaubsgäste aufsummiert (Schläpfer und Zweifel, 2008, S. 213).

Im Endeffekt ergibt sich aus der Differenz zwischen den tatsächlichen und den hypothetischen Reisekosten der Nutzen für ein verändertes Landschaftsbild. Die hypothetischen Reisekosten lassen sich durch ein fiktiv verändertes Landschaftsbild errechnen.

Ein Problem dieser Methode ist, dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Besucher aufgrund des Landschaftsbildes nach St. Anton kommen. Andere Motive, wie die Größe des Skigebiets oder ein Wiedersehen von Bekannten und Verwandten, können auch ausschlaggebend für einen Besuch von St. Anton am Arlberg sein.

5.2 Kontingente Bewertungsmethode

Wie bereits im vorhergehenden Kapitel kurz erläutert, handelt es sich bei der kontingenten Bewertungsmethode um die direkte Präferenzzerfassung der Nachfrage nach einem Umweltgut. Konkret werden im Rahmen von Befragungen hypothetische Märkte für Umweltgüter geschaffen, auf denen die befragten Personen für die fest vorgegebenen Änderungen der Umweltqualität bereit sind etwas zu zahlen oder nicht (Schneider, 2001, S. 172).

Bei der Abfrage des monetären Werts eines öffentlichen Gutes für ein Individuum können zwei verschiedene Varianten angewendet werden. Zum einen wird die sogenannte Zahlungsbereitschaft des Betroffenen für die Realisierung eines Projekts abgefragt (=willingness to pay oder WTP) oder es wird die notwendige Entschädigungszahlung für den Verzicht auf das öffentliche Gut (=willingness to accept oder WTA) ermittelt (Hackl, 1997, S. 89 f.).

Bei der Abfrage der Zahlungsbereitschaft zur Bewertung des Landschaftsbildes wird vereinfacht von der Antwort auf die Frage "Wie viel sind Sie bereit für ein verändertes Landschaftsbild zu zahlen?" auf den Nutzen für das Umweltgut geschlossen (Hackl, 1997, S. 89).

Anders ist es bei der Abfrage nach der Entschädigungszahlung (WTA), hier würde die Fragestellung wie folgt aussehen, *"Welchen Geldbetrag müsste man Ihnen mindestens bieten, um Sie für die soeben beschriebene Umweltverschlechterung zu entschädigen?"* (Schneider, 2001, S. 173).

In dieser Forschungsarbeit kam die Abfrage der Zahlungsbereitschaft für ein verändertes Landschaftsbild (WTP) zum Einsatz. Die WTP-Abfrage gilt auch als die konservative Variante der kontingenten Bewertung, da die Abfrage der WTA oft überschätzt und die WTP unterschätzt wird. Grund dafür ist, dass das eigene Einkommen bei der WTP eine Budgetrestriktion darstellt und bei der WTA diese wegfällt. Für das Ergebnis der Befragung ist es besser den Wert des öffentlichen Gutes zu unterschätzen, anstatt zu hohe und unrealistische Nutzenwerte zu erhalten (Hackl, 1997, S. 90).

Befragung der Urlaubsgäste von St. Anton am Arlberg

Des Weiteren muss bei der Erstellung des Fragebogens für die Bewertung des Landschaftsbildes entschieden werden, wer befragt wird. In St. Anton am Arlberg sind vom Landschaftsbild sowohl die Anrainer als auch die Gäste betroffen. Die Anrainer sind über das ganze Jahr von den Hochspannungsleitungen betroffen und die Gäste nur während ihres Aufenthalts. Dennoch müssen die Gäste auch als wichtiger Bestandteil angesehen werden, denn der Tourismus ist der bedeutendste Wirtschaftszweig der Gemeinde. Aufgrund der mengenmäßigen Überlegenheit der Gäste - 221.948 Ankünfte pro Jahr bzw. mit einer maximalen Bettenauslastung im Winter von 10.955 - (Statistik Austria, 2014, Gem. Kennziffer 70621) gegenüber den Einwohnern von St. Anton - 2.498 Bewohner - (Statistik Austria, 2011, S. 47) ist vermutlich ein deutlich höheres Zahlungspotential bei den Gästen vorhanden. Dies ist ein Grund für die Befragung der Gäste nach der Zahlungsbereitschaft für ein Landschaftsbild ohne Hochspannungsleitungen.

Ein weiterer Aspekt, welcher generell herausgefunden werden sollte, ist, ob die Gäste überhaupt eine Verunstaltung des Landschaftsbildes durch die Freileitungen empfinden. Denn aus Sicht der Akteure der Tourismusgemeinde sollte zuerst festgestellt werden, ob es Sinn macht ein Projekt, wie eine Erdverkabelung der Freileitungen, in Angriff zu nehmen oder ob es nicht andere Projekte gibt, die den Aufenthalt für die Gäste angenehmer gestalten, die eher realisiert werden sollten.

Schlussfolgerung für die Anwendung der kontingenten Bewertungsmethode

Im Gegensatz zu den indirekten Bewertungsmethoden eignet sich der direkte kontingente Bewertungsansatz besser zur monetären Bewertung des Landschaftsbildes in Bezug auf die Hochspannungsleitungen. Mit Hilfe der direkten Befragung der Gäste nach ihrer Wertschätzung für ein hypothetisches Landschaftsbild in St. Anton am Arlberg ist die kontingente Bewertungsmethode die effektivste, um eine Zahlungsbereitschaft für eine Erdverkabelung zu erhalten. Das entscheidende Argument ist, dass es sich um ein nicht realisiertes Vorhaben handelt und somit die indirekten Methoden nicht gewählt werden können. Bei der direkten Befragung können verschiedene Szenarien des Landschaftsbildes mit oder ohne Hochspannungsleitungen erstellt werden und von den Gästen verglichen werden. Im nächsten Kapitel werden die im Fragebogen angewendeten Szenarien beschrieben. Der Reisekostenansatz wurde dennoch zur Bewertung des Landschaftsbildes herangezogen, um einen Vergleich zur direkten Präferenzfassung zu erhalten.

5.3 Aufbau und Szenarien des Fragebogens für St. Anton am Arlberg

Um eine wissenschaftliche Auswertung des Fragebogens zu gewährleisten ist ein strukturierter Aufbau des Fragebogens wichtig. Insgesamt waren 30 Fragen zu beantworten und die durchschnittliche Ausfülldauer betrug ca. 15 Minuten. Der Fragebogen lässt sich in 5 verschiedene Blöcke gliedern.

Der erste Block beinhaltet allgemeine Fragen nach den Urlaubspräferenzen und Kriterien, die bei der Auswahl des Winterurlaubs wichtig sind.

Weiters wurde konkret nach den Aufenthalten in St. Anton in den letzten 5 Jahren, den durchschnittlichen Nächtigungen und der Anreise (Zeitaufwand, Distanz in km, Verkehrsmittelwahl) gefragt.

Der dritte Abschnitt führt nun auf das eigentliche Thema der Hochspannungsleitungen hin. Zuerst werden allgemeine Fragen über Hochspannungsleitungen gestellt und wie gut die Gäste über die Auswirkungen informiert sind. Des Weiteren werden Fragen über die Freileitungen in St. Anton, ob sich eine Freileitung in der Nähe der Unterkunft befindet, wie groß der Störfaktor der Leitungen ist, hier bereits gestellt.

Der vierte Teil des Fragebogens stellt ein aktuelles Bild (Status Quo) aus der Wintersaison 2013/2014 in St. Anton am Arlberg dar. Daraus wurden zwei Szenarien entwickelt, um zum einen eine Teil-Erdverkabelung und zum anderen eine vollständige Erdverkabelung zu simulieren. Diese beiden Szenarien wurden für die Abfrage der Zahlungsbereitschaft herangezogen. Dies ist auch der Hauptteil des Fragebogens. Zuerst werden die drei Bilder nach 5 Parametern (Knoll und Rittsteuer, 2004, S. 35 f.), welche für die Landschaftsbildbewertung in Bezug auf die Hochspannungsleitungen in Frage kommen, bewertet:

- Natürlichkeit, Naturnähe
- Vielfalt des Landschaftsbildes
- Flächenverbrauch
- Freie Sicht auf die verschiedenen Landschaftselemente
- Einzigartigkeit, Wiedererkennbarkeit der Landschaft

Nun folgt die Abfrage der Besuchshäufigkeit der Szenarien 1 und 2 für die nächsten 5 Jahre und die Zahlungsbereitschaft für die Erdverkabelung. Hier ist entscheidend ein passendes Preismodell zu finden, um die Kosten für die Erdverkabelung möglichst vielen Gästen anzulasten. Mit einem Nächtigungszuschlag könnte die Gebühr eingehoben werden, jedoch würden mit dieser Variante alle Tagesgäste von St. Anton nicht mit einbezogen werden. Daher wurde festgelegt, dass die Zahlungsbereitschaft der Gäste in einen zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds eingezahlt wird, welcher in Form eines Zuschlags auf den Skipass eingehoben wird. Dadurch sind Tagesgäste nicht ausgeschlossen und auch Gäste, welche nicht Ski fahren oder Sommerurlauber. Diese nutzen für gewöhnlich die Bergbahnen, um das Panorama am Berg zu genießen oder den Lift als Auf- oder Abstiegshilfe beim Wandern. Wenn Gäste nicht bereit sind für Szenario 1 oder 2 in den Erdverkabelungsfonds einzuzahlen, wird der Grund für deren Entscheidung mit vorgegebenen Antworten vermerkt.

Abschließend werden Angaben (Geschlecht, Alter, Nationalität, Wohnort, höchste Ausbildung, Personen im Haushalt, Nettoeinkommen des Haushalts) über die befragte Person erhoben.

In den nachfolgenden 3 Unterkapiteln werden die drei Szenarien näher beschrieben.

5.3.1 Status Quo

Im Status Quo ist die Ausgangssituation bzw. Ist-Situation des Landschaftsbildes dargestellt. Das Foto, welches knapp oberhalb der Galzig-Talstation aufgenommen worden ist, zeigt neben der Galzig-Gondel Bahn alle drei Hochspannungsleitungen, die durch den Ortsteil Moos durchführen. Auch die Skipiste führt unter den Leiterseilen und sogar unter einem Masten durch. Des Weiteren befinden sich Hütten und Hotels direkt unter den Masten.

Die drei Stromleitungen haben unterschiedliche Spannungen und weisen daher auch unterschiedliche Größen auf. Hier ein Überblick über die drei Leitungen:

- 110-kV Leitung (Netzbetreiber: TINETZ, Tiroler Netzgesellschaft)
- 110-kV Leitung (Netzbetreiber: ÖBB)
- 380-kV Leitung (Netzbetreiber: APG)

Abbildung 13: Status Quo, aktuelles Landschaftsbild



Quelle: eigenes Foto vom 16.02.2014, eigene Bearbeitung

Die Szenarien 1 und 2 wurden nun aus dem Status Quo Foto weiterentwickelt. Daher ändert sich an der Perspektive nichts, sondern lediglich die Masten und Leiterseile der Freileitungen wurden wegetuschiert.

5.3.2 Szenario 1, Teil-Erdverkabelung

Die beiden kleineren Freileitungen mit der Netzspannung von 110-kV sollen unter die Erde verlegt und dadurch eine Besserung des Landschaftsbildes erzielt werden. Somit bleibt noch die große 380-kV Leitung im Landschaftsbild bestehen.

Abbildung 14: Szenario 1, Teil-Erdverkabelung



Quelle: eigenes Foto vom 16.02.2014, eigene Bearbeitung

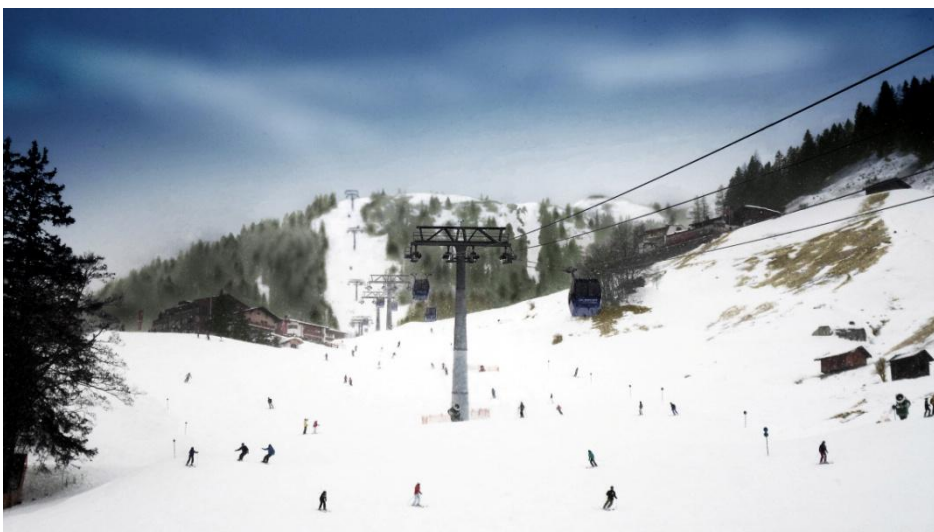
Dieses Szenario wurde ausgewählt, da es bereits Gespräche zwischen der Gemeinde und den Netzgesellschaften gab, welche eine mögliche Erdverkabelung der 110-kV Leitungen vorgesehen hatte. Jedoch ist angeblich eine Erdverkabelung der 380-kV Leitung derzeit noch nicht möglich (Mall, 2014, persönlicher Schriftverkehr).

Daher wäre es interessant zu sehen, ob es für eine Teil-Erdverkabelung eine mögliche Befürwortung der Gäste gibt.

5.3.3 Szenario 2, vollständige Erdverkabelung

Im Szenario 2 ist eine vollständige Erdverkabelung aller 3 Hochspannungsleitungen dargestellt. Dadurch wäre in diesem Fall das Landschaftsbild im Ortsgebiet von St. Anton nicht mehr von Freileitungen betroffen.

Abbildung 15: Szenario 2, vollständige Erdverkabelung



Quelle: eigenes Foto vom 16.02.2014, eigene Bearbeitung

5.4 Empirische Auswertung des Fragebogens

Durchgeführt wurde die Befragung mit Hilfe eines anonymen Fragebogens (siehe Anhang) am 16. und 17.04.2014 in St. Anton am Arlberg an drei verschiedenen Hütten, welche direkt an der Skipiste vorbei führen. Zwei der drei Hütten befinden sich auch in einem Abstand von weniger als 25 Metern zur nächstgelegenen Leitungssachse. Die Befragung wurde bewusst in der Nähe der Hochspannungsleitungen durchgeführt, um direkt die Aufmerksamkeit der Gäste auf das Thema zu lenken. Somit eigneten sich diese beiden Hütten besonders zur Durchführung der Befragung. Der dritte Befragungsstandort befindet sich auf der gegenüberliegenden Hangseite der Hochspannungsleitungen. Von dort ergab sich für die Befragten ein Gesamtüberblick aus der Ferne über die Freileitungen, die über das Ortsgebiet von St. Anton verlaufen.

Insgesamt wurden an den drei Standorten in den zwei Tagen der Befragung 140 Personen erreicht, welche bereit waren einen Fragebogen auszufüllen. Aufgrund der Anzahl der Fragebögen ist eine quantitative Auswertung möglich.

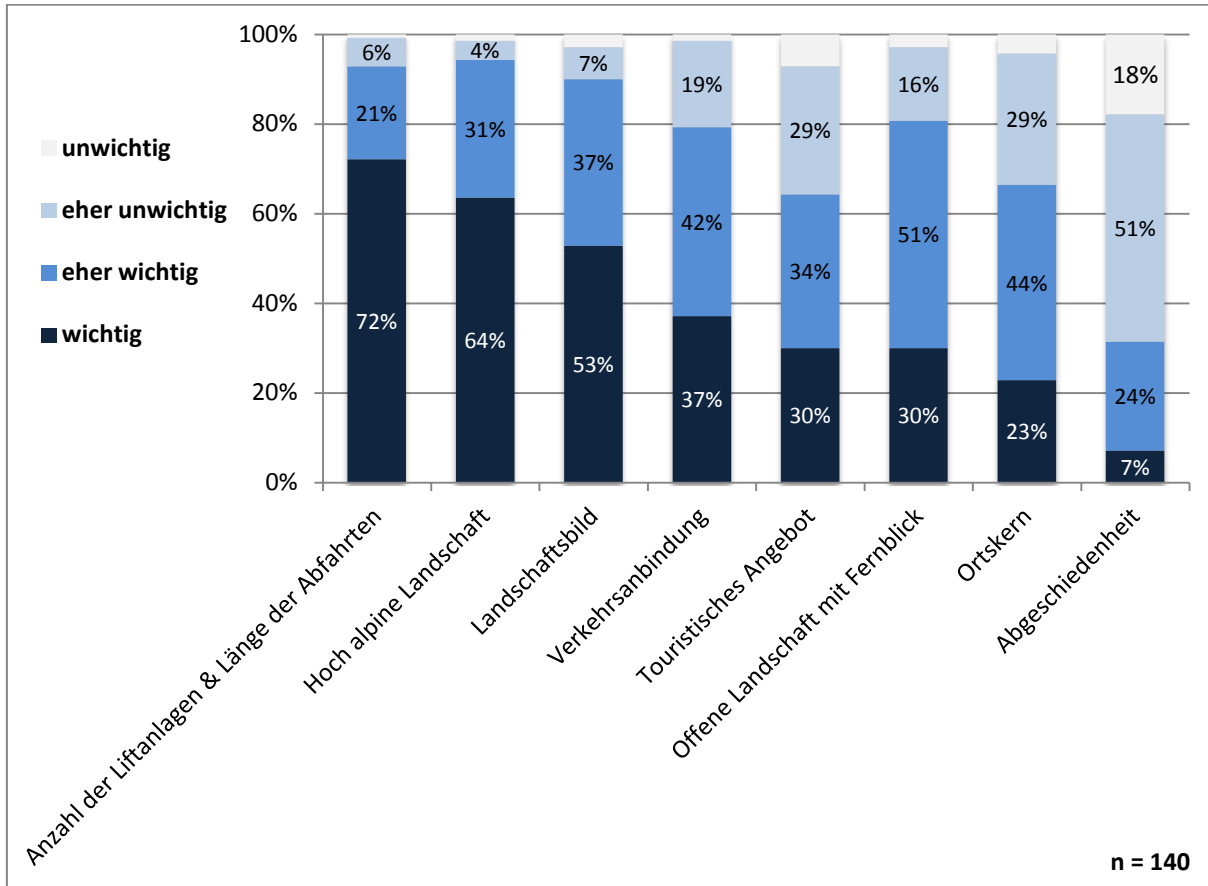
5.4.1 Allgemeine Ergebnisse der Befragung über die Urlaubspräferenz, Kriterien bei der Auswahl des Winterurlaubsorts und Anreise

Zum Zeitpunkt der Befragung befand sich St. Anton noch in der Wintersaison und der Skibetrieb war noch bis Ende April möglich. Die Befragung der Urlaubsgäste bezüglich ihrer Urlaubspräferenz zwischen Sommer- und Winterurlaub fiel zugunsten des Winterurlaubs mit 47 Prozent aus. Nur 15 Prozent verbringen lieber einen Sommerurlaub und 38 Prozent haben keine Präferenz.

St. Anton am Arlberg zählt zu den größten Skigebieten Österreichs und punktet im Tourismus mit einem sehr hohen Hotelstandard und schönem Bergpanorama. Interessant ist auch herauszufinden warum die Gäste sich für St. Anton entschieden haben. Hier wurden acht verschiedene Kriterien in Bezug auf die Auswahl des Winterurlaubsorts von den befragten Gästen bewertet. In der Abbildung 16 wird deutlich, dass die Größe des Skigebiets mit seinen zahlreichen Liftanlagen und vielen Abfahrten bei den Gästen tatsächlich am wichtigsten ist für die Auswahl des Winterurlaubsorts. Weiters wird von der Mehrheit die hoch alpine Landschaft und das Landschaftsbild als wichtig angesehen.

In die Kategorie eher wichtig fallen die Kriterien offene Landschaft mit Fernblick, Ortskern, Verkehrsanbindung und das touristische Angebot. Als eher unwichtig wurde die Abgeschlossenheit beurteilt. Diese Bewertungen treffen auf den Tourismusort St. Anton sehr gut zu. Als abgeschiedener Ort kann St. Anton mit seiner Infrastruktur nicht charakterisiert werden.

Abbildung 16: Stellenwert gewisser Kriterien bei der Auswahl des Winterurlaubsorts



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Des Weiteren wurde die Anreisedauer und -strecke der Gäste abgefragt (siehe Tabelle 7). Die Berechnung des Mittelwerts der Analyse ergab eine durchschnittliche Anreise von 6,3 Stunden bei 768 Kilometer. Erwartungsgemäß korrelieren die beiden Variablen, Anreise in km und h mittelmäßig miteinander.¹ Im Bereich von 0-800 Kilometer und unter 10 Stunden korrelieren die beiden Variablen besonders hoch.² Obwohl die gleichen Variablen miteinander verglichen wurden, weichen die beiden Korrelationskoeffizienten ziemlich voneinander ab. Diese Tendenz lässt sich mit der Wahl des Verkehrsmittels bei der Anreise erklären. Ab ca. 800 Kilometer wurde von den Gästen überwiegend das Flugzeug als Anreiseverkehrsmittel verwendet. Und hier variiert die Variable Anreise in h erheblich.

St. Anton ist sowohl durch eine Schnellstraße als auch durch eine Bahnverbindung gut erschlossen. Die nächst gelegenen Flughäfen sind mit Innsbruck, Zürich und München alle innerhalb von 3 Stunden Fahrzeit über die Straße oder Bahn zu erreichen. Wie die Tabelle 7 zeigt, wurde die Anreise mit dem PKW am öftesten gewählt. Insgesamt wurde das Auto 76 Mal als alleiniges Verkehrsmittel bei der Anreise nach St. Anton genutzt. Auf Rang 2 und 3 liegen dicht aneinander die Transportmittel Flugzeug und Bahn. Bei der Anreise der Gäste nach St. Anton wurden auch verschiedene

¹ mittlere Korrelation zwischen Anreise in h und km: Korrelationskoeffizient 0,505 nach Pearson (Signifikant bei einem Niveau von 0,01), n = 137.

² sehr hohe Korrelation zwischen Anreise in h und km im Bereich von 0-800 km und unter 10h: Korrelationskoeffizient 0,913 nach Pearson (Signifikant bei einem Niveau von 0,01), n = 92.

Verkehrsmittel miteinander kombiniert. Am öftesten wurde mit 23 Antworten der PKW mit dem Flugzeug kombiniert. Anschließend folgt die Kombination aus PKW und Bahn mit 10 Kombinationen und Flugzeug und Bahn mit 9.

Tabelle 7: Anreise nach St. Anton in Stunden, Kilometern und nach Verkehrsmittel

<i>Anreise</i>	Gültige Antworten	Mittelwert	St.abw.	Bereich (Min - Max)		
In Stunden (h)	139	6,3	3,221	1 - 21		
in Kilometer (km)	137	768	402,451	80 - 1900		
<i>Anreise nach Verkehrsmittel</i>	Antworten	Prozent %	Kombinierte Verkehrsmittel mit den Antworten			
			Flugzeug	Bahn	Bus	
PKW	104	55,3 %	23	10	7	
Flugzeug	35	18,6 %	-	9	7	
Bahn	31	16,5 %	9	-	2	
Bus	14	7,4 %	7	2	-	
Taxi	3	1,6 %	0	0	0	
Wohnmobil	1	0,5 %	0	0	0	

Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

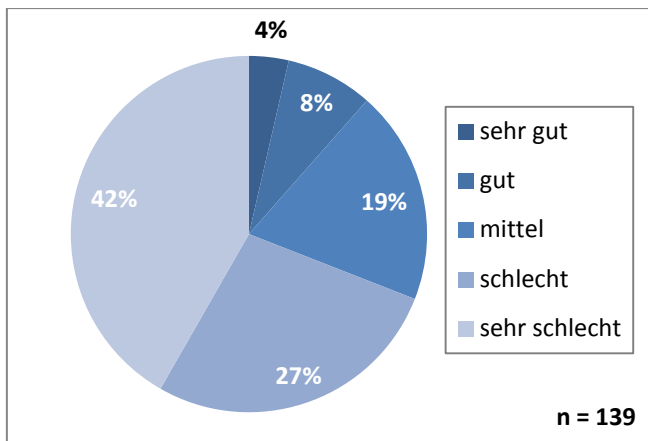
Trotz der nahen Lage des Bahnhofs von St. Anton am Arlberg zum Ortskern wurde das Flugzeug als Anreiseverkehrsmittel 4 Mal öfter gewählt als die Bahn. Dies liegt wohl an den unterschiedlichen Nationalitäten wie die Tabelle 11 (Kapitel 5.4.6) zeigt. Die zweit meisten Gäste kommen aus Deutschland gefolgt von den Briten und erst an dritter Stelle befinden sich die Österreicher. Daher lässt sich leicht erklären, dass die meisten Gäste aus Großbritannien mit dem Flugzeug anreisen und damit die Anreise mit der Bahn geringer ausfiel. Statistisch wird dies durch eine mittlere Korrelation zwischen den Variablen Nationalität und Anreise mit dem Flugzeug von 0,602 belegt.³

5.4.2 Hochspannungsleitungen allgemein und spezifisch in St. Anton

Wie bereits im Kapitel 5, den externen Effekten, haben Hochspannungsleitungen Auswirkungen auf die Umgebung in Form von elektrischen und elektromagnetischen Feldern. Für einen Laien ist dies nicht messbar und der Informationsgehalt in der Gesellschaft über die Technik der Hochspannungsleitungen ist in der Regel gering, obwohl die Landschaft in der Nähe von Ballungsräumen von Freileitungen übersät ist. Daher wurden die Gäste befragt, wie gut sie über die Auswirkungen von Freileitungen informiert sind. Das Resultat in Abbildung 17 zeigt, wie erwartet, dass 42 Prozent sehr schlecht informiert sind und lediglich 4 Prozent sehr gut. Der Mittelwert liegt bei 'schlecht informiert'.

³ mittlere Korrelation zwischen der Nationalität und der Anreise mit dem Flughafen: Korrelationskoeffizient 0,602 nach Pearson (Signifikant bei einem Niveau von 0,01), n = 139.

Abbildung 17: Wie gut fühlen sich die Gäste über die Hochspannungsleitungen und deren Auswirkungen informiert?



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

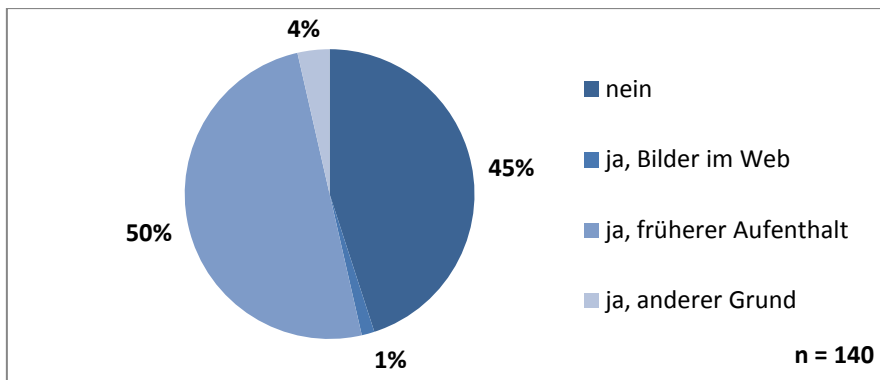
Das Ergebnis der Abbildung 17 verdeutlicht sich zusätzlich bei der Auswertung der Frage, ob die Gäste sich jemals mit Hochspannungsleitungen vor der Befragung befasst haben. Sogar 72 Prozent gaben an, dass sie keinen Bezug zu Freileitungen vor dem Ausfüllen des Fragebogens hatten. Dass es nicht ungewöhnlich ist, in der Nähe einer Hochspannungsleitung zu wohnen, zeigt die Antwort, dass 13 Prozent dies angegeben haben. Die restlichen 15 Prozent haben sich bereits in einem anderen Zusammenhang mit Freileitungen befasst. Gründe dafür waren zum Beispiel, beruflich, im Zusammenhang mit der Energiewende in Deutschland und dem stockenden Freileitungsausbau in Deutschland oder dass ein Bauplatz wegen den Masten der Freileitung nicht gekauft worden ist.

Nach den allgemeinen Fragen zu den Hochspannungsleitungen werden nun nachfolgend Fragen spezifisch über die Leitungen in St. Anton abgehandelt.

Interessant für das Bewusstsein für das Landschaftsbild ist die Frage, ob den Gästen bereits bei der Buchung klar war, dass sie in St. Anton vor Ort Masten der Stromleitungen erwartet. Aufgrund der vielen Stammgäste sollte eigentlich davon ausgegangen werden, dass die meisten befragten Gäste bereits durch ihre früheren Aufenthalte Bescheid wussten, dass in St. Anton Stromleitungen über die Hotels und Skipisten führen. Erstaunlicherweise gaben allerdings beachtliche 45 Prozent an, dass sie nicht wussten, dass sie hier in St. Anton Hochspannungsleitungen erwarten, obwohl fast alle befragten Gäste in den letzten 5 Jahren bereits in St. Anton zumindest einmal ihren Urlaub verbrachten (siehe Abbildung 18). Anscheinend sind ihnen bei ihren bisherigen Besuchen diese Freileitungen nicht wirklich aufgefallen. Dies kann auch ein Indiz sein, dass ihnen das Landschaftsbild nicht so viel bedeutet, wobei dies wiederum in Widerspruch zur Wichtigkeit des Landschaftsbildes bei der Auswahl des Winterurlaubsortes steht (siehe Abbildung 16).

Lediglich 2 Personen haben angegeben, dass sie die Hochspannungsleitungen im Internet auf Bildern von St. Anton gesehen haben.

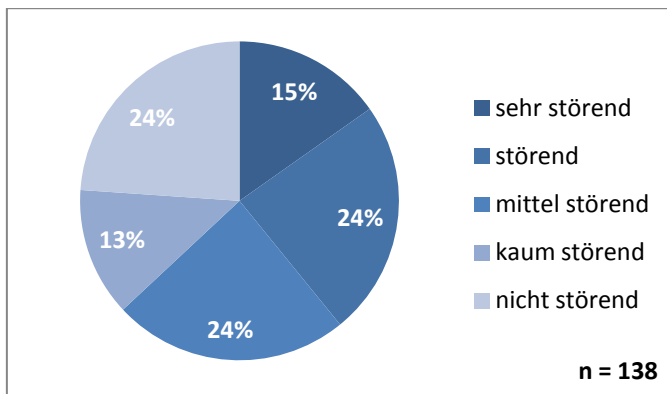
Abbildung 18: War den Gästen bereits bei der Buchung des Urlaubes in St. Anton klar, dass sie vor Ort Hochspannungsleitungen erwarten?



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Aus der Auswertung geht hervor, dass im Durchschnitt die Freileitungen in St. Anton von den Gästen als 'mittel störend' empfunden werden. Des Weiteren kann aus dem Ergebnis (Abbildung 19) kein wirklich eindeutiges Ergebnis abgeleitet werden. Sowohl die Kategorien störend, mittel störend und nicht störend erreichten jeweils 24 Prozent. Nur 15 Prozent der Befragten halten die Freileitungen als sehr störend.

Abbildung 19: Störfaktor der Freileitungen in St. Anton

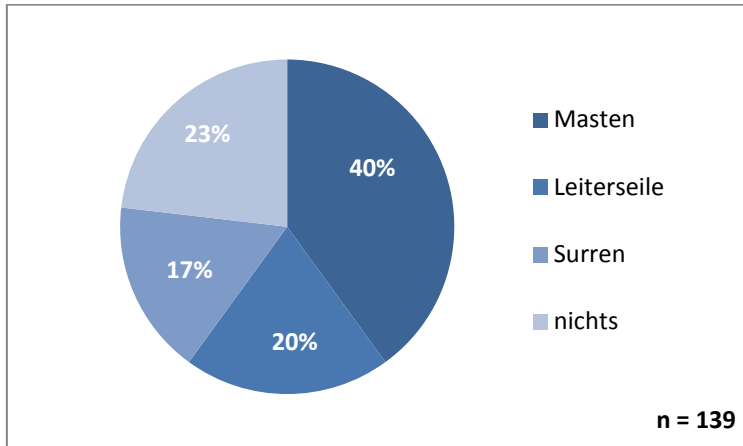


Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Neben der allgemeinen Abfrage nach dem Störfaktor der Freileitungen in St. Anton wurden die Gäste noch spezifischer gefragt, was sie an den Leitungen insbesondere stört. Wie Abbildung 20 zeigt, sind es mit 40 Prozent die Masten, die Bäume, Häuser und Liftanlagen in der Wertung übertreffen. Die Leiterseile und das Surren der Hochspannungsleitungen von St. Anton wurden von den Befragten nicht so oft als gravierender Störfaktor genannt.

Wiederum haben auch 23 Prozent angegeben, dass sie nichts an den Stromleitungen auszusetzen haben. Dies widerspiegelt das Ergebnis des generellen Störfaktors der Freileitungen. Es ist kein eindeutiges Ergebnis in eine Richtung erkennbar.

Abbildung 20: Was wird von den Gästen bei den Freileitungen insbesondere als störend empfunden?



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Neben diesen vorgegebenen Antworten wurde im Zuge eines Gesprächs mit einem Gast darauf hingewiesen, dass die Störwirkung der großen Belüftungsanlage des Arlberg-Straßentunnels für ihn wesentlich größer sei als die bestehenden Hochspannungsleitungen (Urlaubsgäste in St. Anton am Arlberg, 2014, persönliches Gespräch).

Ein weiterer interessanter Hinweis eines Gastes kam zum Thema Jahreszeit. Diesem Besucher würden die Hochspannungsleitungen im Sommerurlaub viel mehr stören als im Winter, da er im Sommer beim Wandern viel mehr Zeit hätte die Landschaft und Umgebung zu beobachten. Im Winter liege bei ihm die volle Konzentration auf der Ausübung des Wintersportes und somit bleibt wenig Zeit, um sich das Landschaftsbild anzusehen (ebd.).

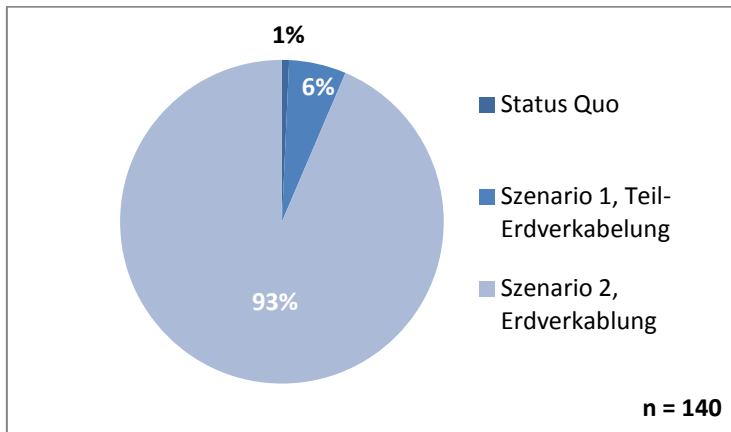
Diese Aussage steht somit in Widerspruch mit der Aussage im Kapitel 3.3.1 über die Beeinträchtigung der Landschaft durch Freileitungen, dass im Sommer diese geringer wäre, aufgrund der höheren Farbpräsenz und intensiver gelebten Diversität der Vegetation.

5.4.3 Vergleich zwischen Status Quo, Szenario 1 und 2

In den nächsten 3 Unterkapiteln werden Ergebnisse dargestellt, welche Bezug auf die in Kapitel 5.3. beschriebenen Szenarien nehmen.

Grundsätzlich stellt sich meist die Frage, welches der drei Bilder den befragten Gästen am meisten zusagt. In der Abbildung 21 ist klar erkennbar, dass sich die Gäste eindeutig für Szenario 2, die vollständige Erdverkabelung ohne sichtbare Freileitungen entschieden haben.

Abbildung 21: Welches Bild gefällt ihnen am besten?

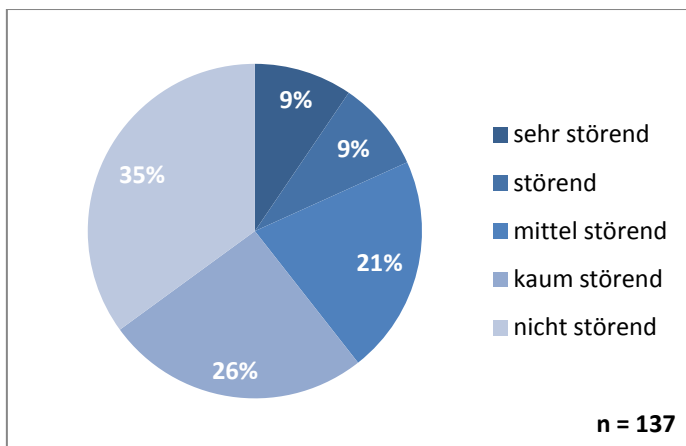


Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Aus dem Resultat der oberen Abbildung kann abgeleitet werden, dass die Gäste hohe Masten und Stahlseile nicht als schön finden und lieber in einer Umgebung ohne diese Freileitungen ihren Urlaub verbringen würden. Auf dem Szenario 2 sind diese Masten nur nicht mehr zu sehen, aber es verbleibt immer noch die Galzig-Gondelbahn. Daher wurde im Fragebogen zusätzlich noch die Akzeptanz für die bestehenden Liftstützen und Stahlseile der Gondelbahn abgefragt.

Die Mehrheit hat sich mit 35 Prozent für 'nicht störend' geäußert (siehe Abbildung 22). Mehr als 60 Prozent sind der Meinung, dass die Aufstiegshilfe für die Skifahrer 'kaum störend' oder 'nicht störend' ist. Eine mögliche Erklärung ist, dass durch die Gondel ein direkter Nutzen für die Gäste entsteht und diese Aufstiegshilfe für einen komfortablen Skitag notwendig ist.

Abbildung 22: Verbleibende Störwirkung der Liftanlage bei Szenario 2 (vollständige Erdverkabelung)



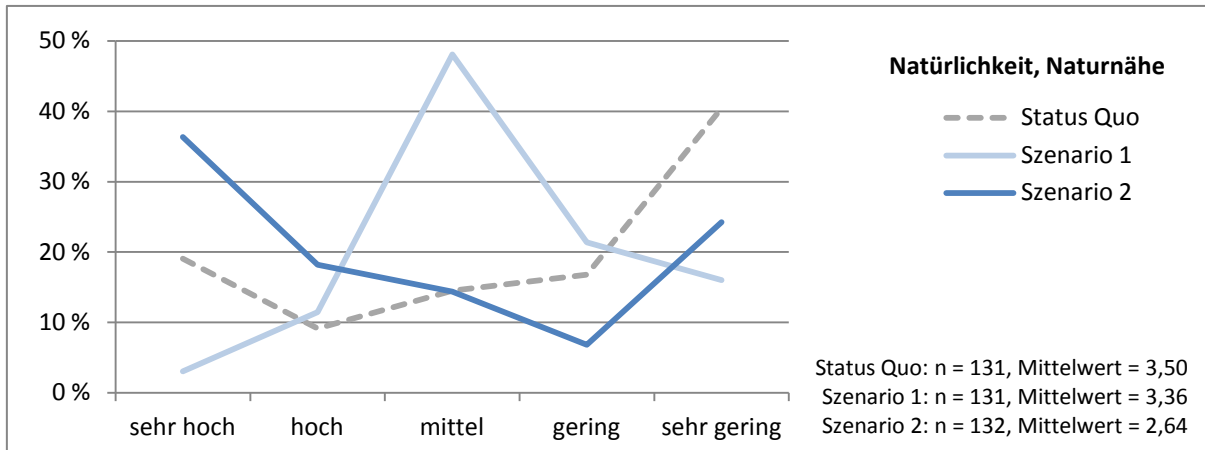
Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Wie bereits im Kapitel 5.3 erwähnt, wurden im Fragebogen die 3 Bilder nach 5 Parametern, die der Landschaftsbildanalyse dienen, bewertet. Status Quo und die beiden Szenarien wurden von den Gästen nach den Parametern einzeln bewertet. Dies soll Aufschluss geben inwieweit sich die Bilder voneinander unterscheiden, abgesehen davon, dass den Gästen Szenario 2 am besten gefällt.

Natürlichkeit, Naturnähe

Der erste Parameter wird von Knoll und Rittsteuer wie folgt beschrieben, "Die Natürlichkeit/Naturnähe ist umso größer, je geringer der menschliche Einfluss wahrnehmbar ist" (Knoll und Rittsteuer, 2004, S. 35).

Abbildung 23: Parameter 1 zur Landschaftsbildanalyse - Natürlichkeit, Naturnähe



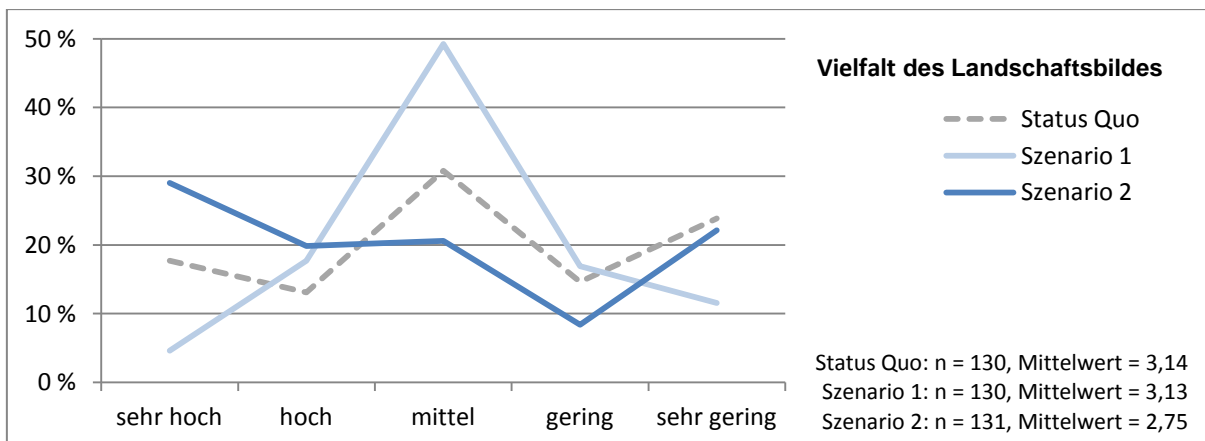
Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Die von den Gästen bewertete Natürlichkeit ist bei Szenario 2 am höchsten. Bei der vollständigen Erdverkabelung sind allerdings weiterhin zahlreiche menschliche Eingriffe in die Natur erkennbar, wie die Hütten, die Seilbahn und Skipistenmarkierungen, jedoch fehlen die Strommasten im Vergleich zu den anderen Bildern. Somit trifft die Erklärung, dass bei einem geringeren menschlichen Einfluss die Natürlichkeit größer ist, von Knoll und Rittsteuer zu. Generell ist eine schöne Abstufung erkennbar. 40 Prozent der Gäste stellten bei Status Quo eine sehr geringe Natürlichkeit fest. Anschließend folgt eine mittlere Natürlichkeit bei Szenario 1, die von knapp der Hälfte der Befragten so gesehen wurde.

Vielfalt des Landschaftsbildes

Der zweite ausgewählte Parameter betrifft die Vielfalt, diese "wird durch die Fülle an Gestalt, Strukturen und Formen der Landschaft bestimmt." (Knoll und Rittsteuer, 2004, S. 35).

Abbildung 24: Parameter 2 zur Landschaftsbildanalyse - Vielfalt des Landschaftsbildes



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

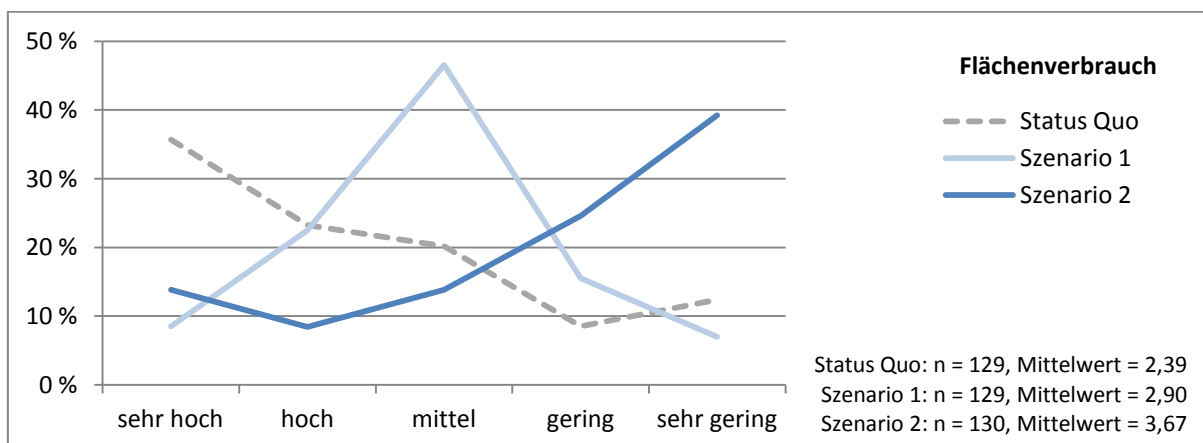
Bei der Vielfalt sollten zuerst die Mittelwerte der drei Kurven analysiert werden. Daraus lässt sich schließen, dass Szenario 2 mit 2,75 die beste Bewertung der befragten Gäste erhalten hat. Effektiv die meisten Antworten erhielt Szenario 1 für eine mittlere Vielfalt. Auch Status Quo erhielt die meiste Zustimmung für eine mittlere Vielfalt. Mit der Bewertung 'sehr hoch' wurde wie bereits beim vorherigen Parameter Szenario 2 am öftesten gewählt, allerdings nur mit einem geringen Stimmenanteil von 29 Prozent. Als mögliche Erklärung für die sehr hohe Vielfalt bei Szenario 2 lässt sich feststellen, dass durch das Fehlen der Strommasten die Strukturen der sonst verdeckten Landschaft mehr zur Geltung kommen. Aber dieses Ergebnis ist alles andere als eindeutig einzuordnen.

Flächenverbrauch

Der Flächenverbrauch einer Hochspannungsleitung kann sehr hoch sein, wenn zum Beispiel eine ganze Waldschneise gerodet werden muss. Daher sollte der Flächenverbrauch *"in die Landschaftsbildbewertung mit einfließen, um aufzuzeigen wie die Maßnahme in der Fläche wirksam wird."* (Knoll und Rittsteuer, 2004, S. 36).

Bei Parameter 3 ergibt sich ein noch klareres Ergebnis. Szenario 2 hat den geringsten Flächenverbrauch, denn hier sind auch keine Freileitungen mehr sichtbar aufgrund der vollständigen Erdverkabelung. Es entsteht ein Raumgewinn, welcher zum Beispiel als Waldfläche oder touristisch genutzte Fläche genutzt werden könnte. Bei der Teil-Erdverkabelung (Szenario 1) kommt es zur mittleren Flächeninanspruchnahme und Status Quo hat eine sehr hohe. Dadurch entsteht wiederum eine gleichmäßige Abstufung des Ergebnisses zwischen den drei Bildern von sehr hoch zu mittel und sehr gering.

Abbildung 25: Parameter 3 zur Landschaftsbildanalyse - Flächenverbrauch



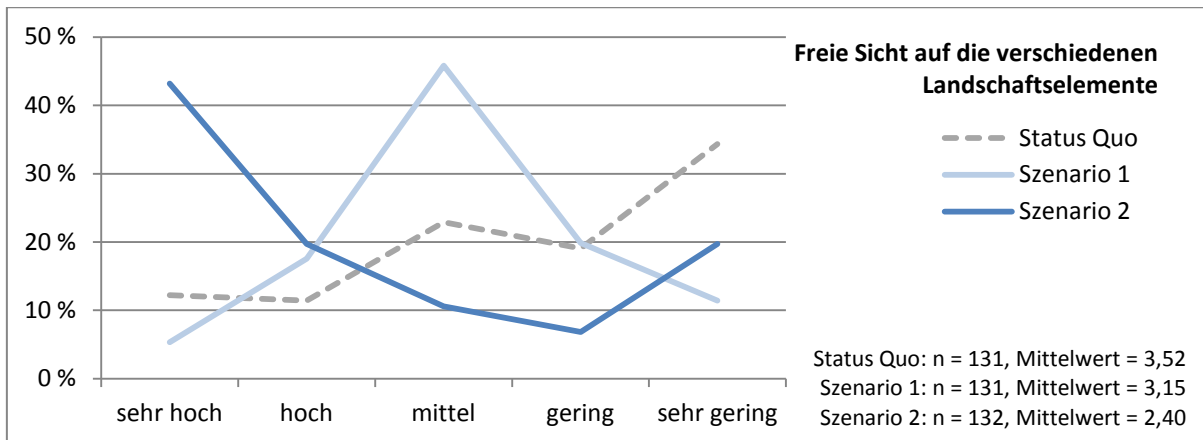
Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Freie Sicht auf die verschiedenen Landschaftselemente

Um ein Landschaftsbild analysieren bzw. bewerten zu können, muss die freie Sicht bzw. der Sichtraum in die Wertung einfließen. *"Die Sichtbarkeit ist abhängig von der Vielfalt, dem Grad an Naturnähe und dem Relief, etc."* (Knoll und Rittsteuer, 2004, S. 35). Nach der Aussage von Knoll und

Rittsteuer zu urteilen müssten die Bewertungen der Gäste für die freie Sicht möglichst deckungsgleich mit den Ergebnissen der Parameter 1 und 2 sein.

Abbildung 26: Parameter 4 zur Landschaftsbildanalyse - Freie Sicht auf die verschiedenen Landschaftselemente



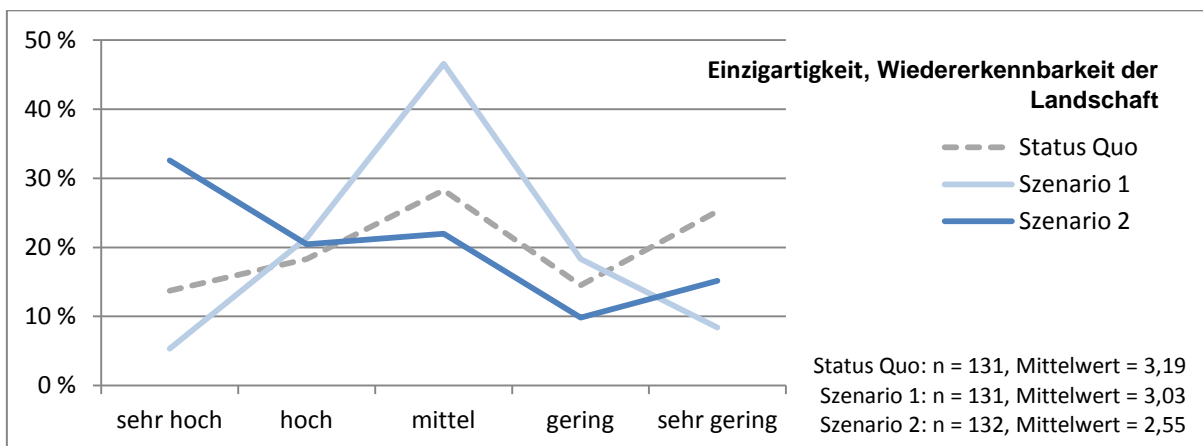
Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Wie die Abbildung 18 zeigt, gleicht das Ergebnis der freien Sicht auf die verschiedenen Landschaftselemente mit den Werten der Parameter Natürlichkeit/Naturnähe und Vielfalt. Ebenfalls finden die Gäste, dass Szenario 2 mit 43 Prozent eine sehr hohe freie Sicht aufweist und dahinter Szenario 1 mit 46 Prozent auf eine mittlere freie Sicht kommt. Status Quo schneidet wie bei Parameter 1 und 2 auf dem letzten Platz mit einer sehr geringen Sicht ab. Dies macht sich auch bei einem Blick auf die Mittelwerte der drei Kurven bemerkbar, welcher klar bei Szenario 2 am geringsten ist und somit für eine hohe freie Sicht steht.

Einzigartigkeit, Wiedererkennbarkeit der Landschaft

"Die Einzigartigkeit / Eigenart (Wiedererkennbarkeit [...]) wird durch die Definition eines Bezugsraumes, in dem vergleichbare Landschaftsbilder vorliegen, bestimmt." (Knoll und Rittsteuer, 2004, S. 35). Aus dem Vergleich zwischen den drei Bildern kann ein Ergebnis abgeleitet werden.

Abbildung 27: Parameter 5 zur Landschaftsbildanalyse - Einzigartigkeit, Wiedererkennbarkeit der Landschaft



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Den kleinsten Mittelwert weist mit 2,55 Szenario 2 auf und lässt auf die höchste Einzigartigkeit schließen. Szenario 1 und Status Quo unterscheiden sich auf den ersten Blick deutlich, allerdings ist die Differenz beim Mittelwert nur sehr gering. Die Kurve von Status Quo ist am waagrechtsten und zeigt die geringsten Veränderungen zwischen den Antworten der Gäste und weist mit nur 28 Prozent Zustimmung eine mittlere Einzigartigkeit auf. Anders verhält sich Szenario 1, welche mit 47 Prozent die höchste Zustimmung ebenfalls für eine mittlere Einzigartigkeit erhielt. Szenario 2 erreicht eine sehr hohe Einzigartigkeit/Wiedererkennbarkeit. Die hohe Anzahl der Stimmen für die Kategorie mittel bei allen drei Bildern zeigt eine gewisse Unentschlossenheit bei diesem Parameter.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass das Ranking insbesondere bei den Parametern 1-4 sich klar zugunsten von Szenario 2 entschieden hat. Die vollständige Erdverkabelung erhielt bei allen 5 Parametern die bestmögliche Bewertung von den Gästen. Szenario 1 wurde durchwegs als mittelmäßig bewertet und Status Quo erhielt schlechtere Bewertungen in der Landschaftsbildanalyse als die beiden Szenarien.

5.4.4 Besuchshäufigkeit

Eine weitere quantifizierbare Veränderung zeigt sich in der Besuchshäufigkeit der Gäste zwischen den drei Bildern. Es wurden die Aufenthalte der letzten 5 Jahre mit denen in den nächsten 5 Jahren verglichen. Daraus lässt sich erkennen, dass die Besucher bei Szenario 1 geringfügig seltener kommen. In Tabelle 8 ist der sinkende Mittelwert 5,65 auf 5,42 ersichtlich. Das ergibt eine Abnahme von 4,1 Prozent der Besuchshäufigkeit. Auffallend ist, dass im Zuge einer Teil-Erdverkabelung die zwei 110-kV Leitungen verschwinden und es trotzdem zu einer Verringerung der Besuchshäufigkeit kommt. Der Verbleib der 380-kV Leitung bei Szenario 1 ist wohl für dieses Ergebnis als Grund heranzuziehen. Hingegen bei Szenario 2, der vollständigen Erdverkabelung aller drei Freileitungen, erhöht sich der Mittelwert der Aufenthalte von 5,65 auf 6,23. Dies ergibt eine Erhöhung von 9,4 Prozent. Im Schnitt verbringen die Gäste bei einem Aufenthalt 6,6 Nächte in St. Anton.

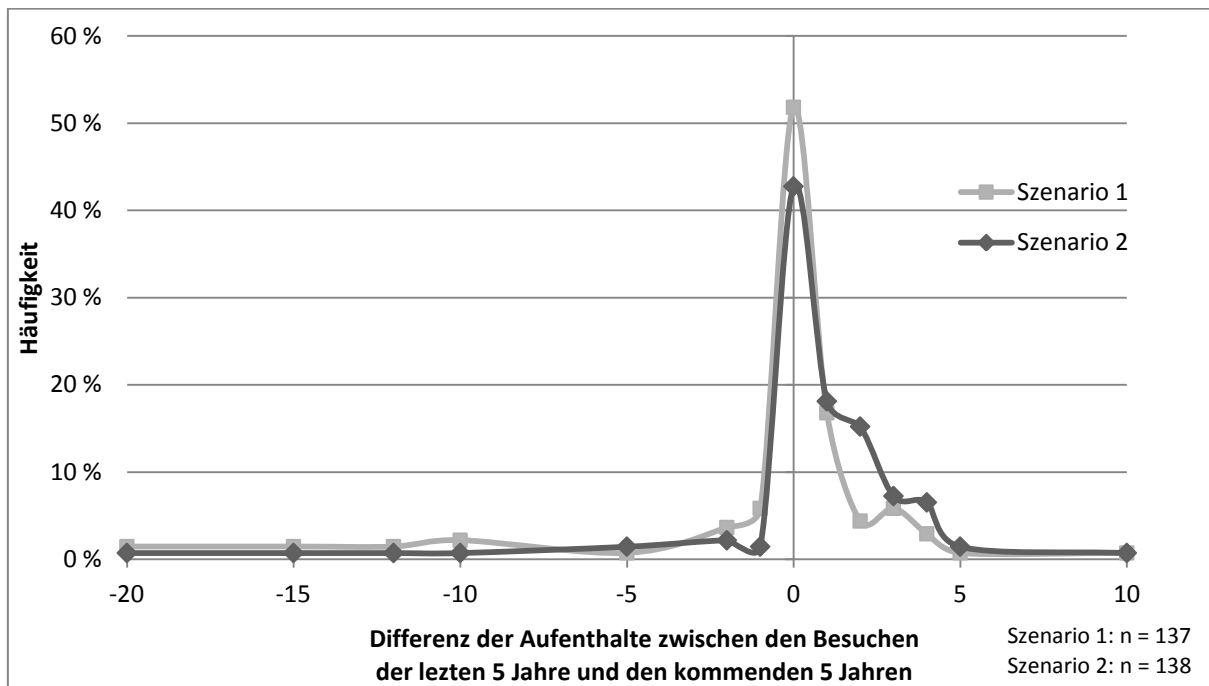
Tabelle 8: Durchschnittliche Aufenthalte der Gäste in den letzten und kommenden 5 Jahren im Vergleich und Nächtigungen

<i>Aufenthalte pro Gast</i>	Gültige Antworten	Mittelwert	St.abw.	prozentuelle Veränderung zu den letzten 5 Jahren
in den letzten 5 Jahren	139	5,65	6,315	-
in den nächsten 5 Jahren bei Teil-Erdverkabelung (Szenario 1)	137	5,42	5,224	-4,1 %
in den nächsten 5 Jahren bei vollständiger Erdverkabelung (Szenario 2)	138	6,23	5,282	+9,4 %
<i>Durchschnittliche Nächtigungen pro Aufenthalt</i>	139	6,58	2,692	-

Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

In der Abbildung 28 wird dieser Trend noch besser erkennbar, dass sich die Besuchshäufigkeit im Vergleich zu den bisherigen 5 Jahren und zu den kommenden 5 zugunsten des Szenarios 2 verändert. Die Häufigkeit der Aufenthalte nimmt bei der dunkelgrauen Kurve (Szenario 2) im Vergleich zur hellgrauen (Szenario 1) im positiven Bereich zu und im negativen Bereich ab. Knapp mehr als die Hälfte der Gäste würde bei Szenario 1 gleich oft kommen wie bisher. Bei Szenario 2 würden 43 Prozent wieder gleich viele Aufenthalte in St. Anton in den nächsten 5 Jahren verbringen und 49 Prozent aller Gäste würden sogar öfter nach St. Anton fahren.

Abbildung 28: Veränderung der Aufenthalte der Gäste für die kommenden 5 Jahre bei Szenario 1 und 2



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Die Aufenthalte bei Szenario 2 erhöhen sich insbesondere im Bereich von +1 bis +4 innerhalb von 5 Jahren. Nur bei wenigen Gästen würde eine Veränderung des Landschaftsbildes durch eine Erdverkabelung zu einer Verringerung der Aufenthalte führen (bei Szenario 1: 17 Prozent der Gäste, bei Szenario 2: 8 Prozent der Gäste).

Wenn Gäste ihre Besuchshäufigkeit für die nächsten 5 Jahre erhöhen, um ihren Urlaub in St. Anton zu verbringen, müssen sie auch mit einem erhöhten Reisekostenaufwand rechnen. Im Normalfall sollten Gäste, welche geringere Kosten für die Reise aufwenden müssen und somit eine kürzere Anreise haben, eher bereit sein ihre Urlaubsfrequenz zu erhöhen. Tabelle 9 zeigt, dass diese Annahme auch bestätigt wird, auch wenn die Variable Besuchshäufigkeit mit der Anreise nur sehr gering korreliert. Durch die negativen Vorzeichen der Korrelationskoeffizienten wird dies ersichtlich. Dieser Zusammenhang erklärt, dass, wenn die Dauer und die Distanz der Anreise kleiner ist, die Besuchshäufigkeit steigt.

Signifikant wird dieser Trend durch das Weglassen des Verkehrsmittels Flugzeug, denn dadurch fallen die großen Unterschiede zwischen Distanz und Flugstunden weg, welche nicht in Relation mit den Werten der Anreise mit dem PKW und der Bahn stehen. Die Korrelationskoeffizienten steigen gering

im Gegensatz zu den Werten der Analyse der Besuche mit der Anreise mit allen Verkehrsmitteln. Entscheidend für die Interpretation ist, dass durch das Weglassen des Verkehrsmittels Flugzeug alle Korrelationen signifikant wurden und damit an Aussagekraft gewinnen.

Tabelle 9: Analyse der Besuchshäufigkeit in Abhängigkeit des Reiseaufwands (Anreise in km und h) anhand der Korrelationskoeffizienten

<i>Besuche</i>	<i>Anreise in km</i>	<i>Gültig</i>	<i>Anreise in h</i>	<i>Gültig</i>
in den letzten 5 Jahren	-0,129	n = 137	-0,116	n = 139
bei Szenario 1 Teil-Erdverkabelung	-0,173*	n = 137	-0,157	n = 139
bei Szenario 2 Vollständige Erdverkabelung	-0,149	n = 138	-0,149	n = 136
<i>Besuche</i> <i>Anreise ohne Flugzeug als</i> <i>Verkehrsmittel</i>	<i>Anreise in km</i>	<i>Gültig</i>	<i>Anreise in h</i>	<i>Gültig</i>
in den letzten 5 Jahren	-0,200*	n = 103	-0,236*	n = 104
bei Szenario 1 Teil-Erdverkabelung	-0,227*	n = 102	-0,281**	n = 103
bei Szenario 2 Vollständige Erdverkabelung	-0,200*	n = 103	-0,270**	n = 104

Korrelationskoeffizienten nach Pearson:

* signifikant bei einem Niveau von 0,05; **signifikant bei einem Niveau von 0,01

Quelle: Analyse aus den Ergebnissen der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

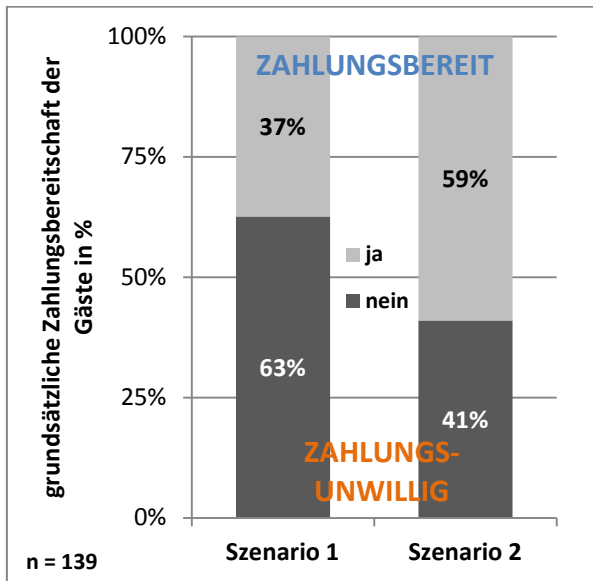
5.4.5 Zahlungsbereitschaft

Die Abfrage der Zahlungsbereitschaft der Gäste für Szenario 1 und 2 zählt zur wichtigsten Abfrage im Hinblick auf die Beantwortung der Forschungsfrage. Aus der Zahlungsbereitschaft lässt sich der eigentliche Nutzen für ein verändertes Landschaftsbild kalkulieren.

Nun wird hier in diesem Kapitel konkret nach der Zahlungsbereitschaft der Gäste jeweils für Szenario 1 und 2 gefragt. Wie aus den Analysen der zwei vorhergehenden Kapitel hervorgeht, gibt es bei den Gästen eine klare Tendenz für Szenario 2. Beim Vergleich der drei Bilder nach 5 Kriterien in Kapitel 5.4.3 haben die Gäste die Bewertung frei nach deren persönlicher Einschätzung vorgenommen ohne sich dabei Gedanken über eine individuelle finanzielle Belastung zu machen. Bei der Abfrage der Änderung der Besuchshäufigkeit könnten bereits bei manchen Gästen Gedanken an die eigenen finanziellen Möglichkeiten das Ergebnis beeinflusst haben. Jedoch wurde dies in der Fragestellung nicht berücksichtigt.

Abbildung 29 zeigt die grundsätzliche Bereitschaft der Gäste in den zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds einzuzahlen. Hier schneidet ebenfalls Szenario 2 deutlich besser ab als Szenario 1. Für eine Teil-Erdverkabelung würden nur 37 Prozent der Gäste in den Fonds einzahlen und 63 Prozent würden dies nicht tun. Somit ist bei Szenario 1 die Mehrheit zahlungsunwillig. Hingegen bei Szenario 2, der vollständigen Erdverkabelung, stellt sich das Ergebnis auf den Kopf und 59 Prozent der Befragten sind zahlungsbereit.

Abbildung 29: Bereitschaft der Gäste für die Einzahlung in den zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Ein weiteres Phänomen, welches zumeist im Zusammenhang mit der Konsumation von öffentlichen Gütern auftritt, ist das Trittbrettfahrerproblem. Beim Trittbrettfahrerverhalten wird ein Wunsch geäußert, ein Projekt zu realisieren, ohne dabei für dieses Projekt eine Zahlungsbereitschaft zu haben (Beyer und Menges, 2013, S. 287). Es tritt auch in dieser Studie in Bezug auf das veränderte Landschaftsbild auf und lässt sich durch die nachfolgende Tabelle darlegen.

Somit resultieren für Szenario 2 über 40 Prozent der Gäste, welche das Szenario 2 bevorzugen, aber bereit zu zahlen sind sie nicht. Lediglich 8 Personen gefällt Szenario 1 am besten und daher ist diese Stichprobe für das Trittbrettfahrerverhalten der Gäste nicht sehr aussagekräftig. Aber auch hier zählen 3 der 8 Gäste zu den Trittbrettfahrern. Allerdings muss der hohe Trittbrettfahreranteil mit Vorsicht interpretiert werden. Denn keine Zahlungsbereitschaft anzugeben muss nicht gleich implizieren, dass die Befragten beabsichtigen als Trittbrettfahrer durchzugehen. Daher wurden auch die Motive der zahlungsunwilligen Gäste im Fragebogen dargestellt (siehe Abbildung 31). Beispielsweise kann auch eine Person, deren angegebene Zahlungsbereitschaft unter der tatsächlichen liegt, ebenfalls zu den Trittbrettfahrern zählen. Daher muss die Tabelle 10 mit hoher Sorgfalt betrachtet werden.

Tabelle 10: Trittbrettfahrerverhalten der Gäste im Vergleich zwischen Szenario 1 und 2

Welches Bild gefällt den Gästen am besten?	gültige Antworten n = 138	WTP ja	WTP nein	Potenzieller Trittbrettfahreranteil
Szenario 1 Teil-Erdverkabelung	8	5	3	37,5 %
Szenario 2 Vollständige Erdverkabelung	130	77	53	40,8 %

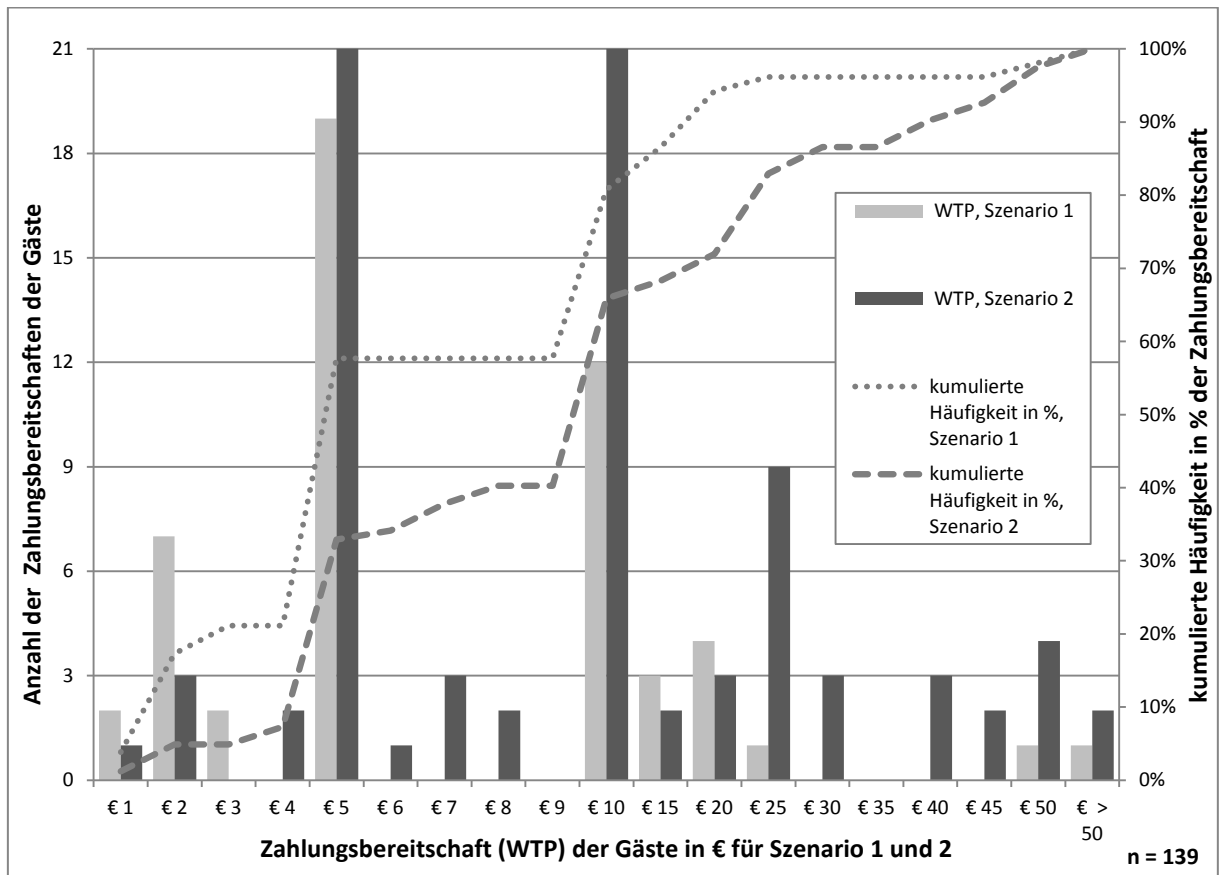
Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Ein Vergleich mit einer anderen Studie aus Deutschland aus dem Jahr 2012, bei welcher ebenfalls die Zahlungsbereitschaft für Erdkabelprojekte abgefragt wurde, macht erkennbar, dass dieser Anteil an

Trittbrettfahrern der Studie von St. Anton gewöhnlich ist. Dort lag sie im Durchschnitt bei 46,2 Prozent (Beyer und Menges, 2013, S. 287). Damit ist dieser Anteil geringer und somit für die Studie positiver einzuschätzen.

Um nun den konkreten Nutzen für das jeweilige veränderte Landschaftsbild herauszufinden, wurde nach exakten monetären Einheiten für Szenario 1 und 2 gefragt.

Abbildung 30: Zahlungsbereitschaft (WTP) der Gäste für Szenario 1 und 2



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

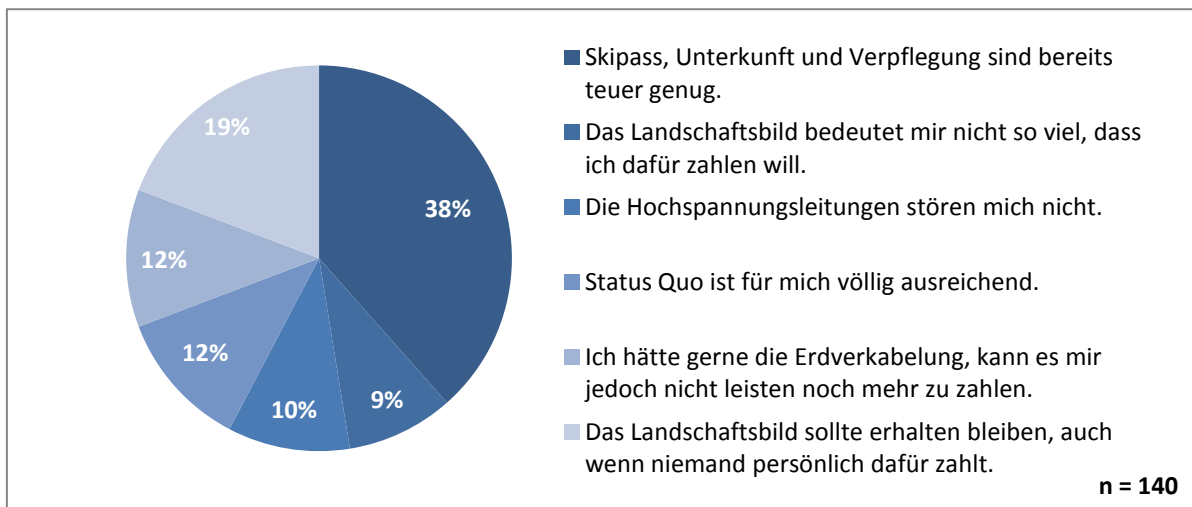
In der Abbildung 30 wird deutlich, dass die kleineren Beträge für Szenario 1 öfter gewählt wurden und die höheren Beträge öfter für Szenario 2. Die beiden oben eingezeichneten Kurven stellen die kumulierte Häufigkeit für die beiden Szenarien in Prozent dar. Bei der Gegenüberstellung dieser beiden Kurven ist diese Entwicklung ebenfalls erkennbar, da die Kurve für Szenario 1 zuerst stark ansteigt und gegen Ende flacher wird. Hingegen die Kurve für Szenario 2 hat einen geringeren Anstieg bei den Geldbeträgen unter 25 Euro und steigt erst bei den höheren Werten deutlich an im Vergleich zur kumulierten Kurve von Szenario 1.

Am häufigsten wurden runde Beträge, wie 5 Euro und 10 Euro gewählt, sowohl für Szenario 1 als auch für Szenario 2. Bei Szenario 2 ist noch eine hohe Anzahl bei 25 Euro erkennbar und bei Szenario 1 bei 2 Euro.

All jene Personen, welche keine Bereitschaft haben in den zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds einzuzahlen, wurden gebeten, ihre Gründe für diese Zahlungsunwilligkeit anzugeben. Im Fragebogen wurden 6 Antwortmöglichkeiten vorgegeben. In Abbildung 31 sind die 6 zur Verfügung stehenden

Antwortmöglichkeiten angegeben und der erste Grund, dass Skipass, Unterkunft und Verpflegung bereits teuer genug sind, ist mit 38 Prozent am häufigsten gewählt worden. Die Antwort, dass das Landschaftsbild erhalten bleiben sollte, auch wenn niemand persönlich dafür zahlt, wurde am zweit öftesten gewählt. In Kapitel 5.4.1 ist das Landschaftsbild als Kriterium bei der Auswahl des Wintersportortes an dritter Stelle gereiht worden und von mehr als der Hälfte als wichtig angesehen. Daher lässt sich ableiten, dass hier ein Zusammenhang besteht. Generell ist den Gästen das Landschaftsbild wichtig und sie befürworten eine Veränderung insbesondere zugunsten von Szenario 2, aber wie bereits Abbildung 31 zeigt, sind nicht alle Besucher bereit dafür Geld auszugeben.

Abbildung 31: Gründe der Gäste nicht in den zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds einzuzahlen



Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

In Anbetracht des Umstandes, dass die Erdverkabelung mit Kosten bei den Gästen verbunden wäre, sind ein paar zahlungsunwillige Gäste auch mit Status Quo zufrieden, obwohl der Mehrheit Szenario 2 am besten gefällt. Andere gaben wiederum an, dass sie die Hochspannungsleitungen ohnehin nicht stören und dies deckt sich mit der Störwirkung der bestehenden Hochspannungsleitungen in St. Anton (Abbildung 19).

Mehrfachantworten sind bei dieser Fragestellung möglich gewesen. Folgende Antworten wurden oft miteinander kombiniert:

- Das Landschaftsbild sollte erhalten bleiben, auch wenn niemand persönlich dafür zahlt.
- Ich hätte gerne die Erdverkabelung, kann es mir jedoch nicht leisten noch mehr zu zahlen.
- Skipass, Unterkunft und Verpflegung sind bereits teuer genug.

Diese Antwortkombination macht klar, dass viele die Erdverkabelung gerne hätten, aber nicht bereit sind hierfür zu zahlen. Zum einen kommen diese Gäste gerne nach St. Anton auch wegen des Landschaftsbildes, aber die Urlaubskosten generell sind bereits sehr hoch und daher gibt es von diesen Gästen keine Zahlungsbereitschaft für den Erdverkabelungsfonds.

Eine weitere oft gewählte Kombination:

- Die Hochspannungsleitungen stören mich nicht.
- Status Quo ist für mich völlig ausreichend.
- Skipass, Unterkunft und Verpflegung sind bereits teuer genug.

Zum einen kommt mit dieser Zusammensetzung klar hervor, dass für diese Gäste die Hochspannungsleitungen kein Problem darstellen und sie sich dadurch nicht gestört fühlen. Interessant bei dieser Kombination der Antworten ist die dritte Antwort - Skipass, Unterkunft und Verpflegung sind bereits teuer genug. Für diese dritte Antwort in dieser Kombination gibt es keine plausible Erklärung. Vereinfacht kann gesagt werden, dass es ganz einfach die meistgewählte Antwortmöglichkeit ist und daher auch mit diesen Antworten kombiniert wurde.

5.4.6 Angaben über die Befragten: Geschlecht, Alter, Nationalität, höchste Ausbildung

In der nachfolgenden Tabelle folgen Informationen über die Befragten.

Tabelle 11: Veränderung der bisherigen Aufenthaltsdauer der Gäste bei Szenario 1 und 2

<i>Geschlecht</i> n = 140	Häufigkeit	Prozent %
männlich	74	52,9 %
weiblich	66	47,1 %
<i>Alter</i> n = 140	Mittelwert	St.abw.
Bereich: 12 - 64 Jahre	41,22	14,320
<i>Nationalität</i> n = 140	Häufigkeit	Prozent %
Deutschland	78	55,7 %
Großbritannien	28	20,0 %
Österreich	22	15,7 %
Schweden	5	3,6 %
Dänemark	4	2,9 %
Schweiz	2	1,4 %
Belgien	1	0,7 %
<i>Höchste Ausbildung</i> n = 137	Häufigkeit	Prozent %
Pflichtschule	9	6,4
Lehre	9	6,4
Matura/Abitur	39	27,9
Universitäts- /Fachhochschulabschluss	80	57,1
<i>Nettoeinkommen des Haushalts</i> n = 129	Mittelwert	St.abw.
Bereich: 350 - 5500 €	3935 €	1626,65

Quelle: Ergebnisse der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Zur Tabelle 11 bei der Angabe des Alters ist zu ergänzen, dass 7 Befragte unter 18 Jahre alt waren und in die Berechnung der Zahlungsbereitschaft mit einbezogen wurden. Neben der hohen Akademiker-Quote ist noch zum Nettoeinkommen anzumerken, dass hier Kategorien zum Ankreuzen

vorgegeben wurden und die höchste Kategorie lag bei über 5000 Euro. Diese wurde mit fast 40 % am häufigsten angekreuzt.

5.4.7 Korrelationsanalyse zwischen ausgewählten Variablen

Um die Strenge des linearen Zusammenhangs verschiedener Variablen zueinander ermitteln zu können, wurde eine Korrelationsanalyse angewendet. Als wesentliche Ausgangsvariable dient die Zahlungsbereitschaft (WTP) für Szenario 1 und 2. In der Tabelle 12 werden die ausgewerteten Korrelationen dargestellt.

Tabelle 12: Korrelationen verschiedener Variablen des Fragebogens

<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Korrelationskoeffizient</i>	<i>Signifikanz</i>	<i>Gültig</i>
WTP Szenario 2	Störwirkung der Hochspannungsleitungen	Spearman: 0,264 (gering)	0,01	137
Landschaftsbild (Kriterium bei der Urlaubsortwahl)	Störwirkung der Hochspannungsleitungen	Spearman: 0,286 (gering)	0,01	138
WTP Szenario 1	Höchste Ausbildung	Spearman: -0,211 (gering)	0,05	136
WTP Szenario 2	Alter	Pearson: 0,225 (gering)	0,01	139
Alter	Nettoeinkommen des Haushalts	Pearson: 0,395 (gering)	0,01	129

Quelle: Analyse aus den Ergebnissen der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

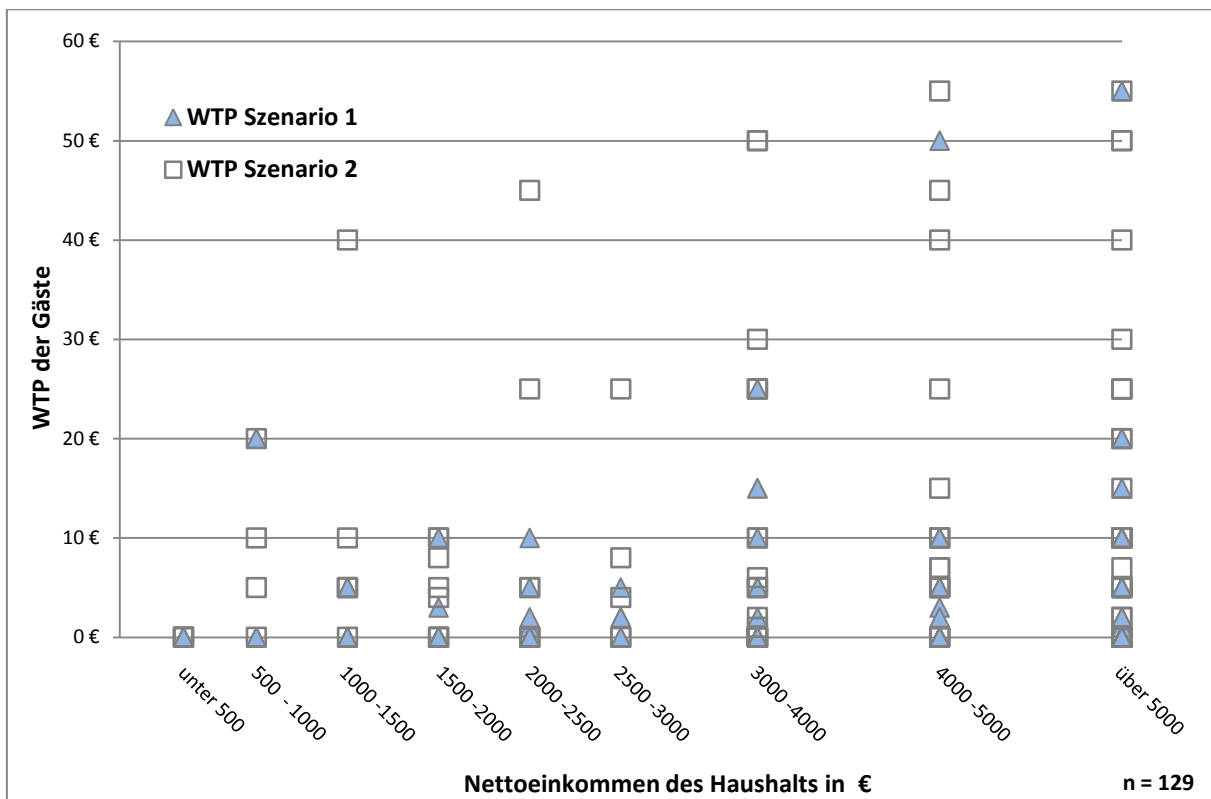
Es kann angenommen werden, dass wenn die Störwirkung der Hochspannungsleitungen auf die Gäste zunimmt, auch die Zahlungsbereitschaft für eine Erdverkabelung steigt. Diese Annahme wurde durch eine Korrelationsanalyse zwischen diesen beiden Variablen überprüft und ergab lediglich bei der Zahlungsbereitschaft (WTP) für Szenario 2 eine geringe positive Korrelation von 0,264.

Ebenfalls miteinander korreliert wurde die Störwirkung der Freileitungen mit der Wichtigkeit des Landschaftsbildes als Kriterium bei der Urlaubsortwahl (geringe Korrelation von 0,286). Den geringen Korrelationskoeffizienten kommt in diesem Fall keine große Bedeutung zu, da das entscheidende Kriterium bei der Interpretation die hohe Signifikanz wichtig ist, welche gegeben ist. Die Korrelation von Anreise in Stunden und in Kilometern wurde bereits in der Tabelle 7 diskutiert.

Des Weiteren wurde die Zahlungsbereitschaft auf einen Zusammenhang mit den Variablen der Sozialstruktur analysiert. Dabei zeigte sich eine negative Korrelation zwischen der Zahlungsbereitschaft für Szenario 1 und der höchsten Ausbildung der Befragten. Die Altersstruktur korreliert gering (0,225) mit der Zahlungsbereitschaft für Szenario 2. Somit haben tendenziell ältere Personen eine höhere Zahlungsbereitschaft für die vollständige Erdverkabelung und jüngere eine geringere. Beide Analysen weisen eine hohe Signifikanz auf. Nun ist es interessant die Variable Nettoeinkommen in die Analyse einfließen zu lassen. Zwischen dem Alter und dem Nettoeinkommen besteht ebenfalls eine geringe Korrelation von 0,395, welche bereits für diese Anzahl an Stichproben aussagekräftig ist. Nachdem bereits klar ist, dass die Altersstruktur mit der Zahlungsbereitschaft für Szenario 2 und dem Nettoeinkommen korreliert, könnte angenommen werden, dass auch ein

Zusammenhang zwischen der Zahlungsbereitschaft und dem Einkommen besteht. Jedoch besteht hier eine äußerst geringe Korrelation von unter 0,1 und sie ist nicht signifikant.

Abbildung 32: Zusammenhang zwischen der Zahlungsbereitschaft (WTP Szenario 1 & 2) und dem Nettoeinkommen



Quelle: Analyse aus den Ergebnissen der Befragung von St. Anton, eigene Bearbeitung und Darstellung

Zur Veranschaulichung des sehr geringen Zusammenhangs zwischen der Zahlungsbereitschaft (WTP Szenario 1 & 2) und dem Nettoeinkommen dient Abbildung 24. Hier ist gut zu sehen, dass die Verteilung der Zahlungsbereitschaft zumindest auf den ersten Blick nur sehr gering im Zusammenhang mit dem Nettoeinkommen steht. Vor allem liegt es daran, dass viele Gäste trotz eines hohen Nettoeinkommens keine oder nur eine sehr niedrige Zahlungsbereitschaft haben.

Die Zusammenhänge zwischen der Zahlungsbereitschaft (WTP Szenario 1 & 2) und der Anreise in Stunden, Anreise in Kilometer, Landschaftsbild als Kriterium bei der Urlaubsortwahl und Nettoeinkommen weisen ebenfalls nur eine sehr geringe Korrelation (unter 0,2) auf und sind nicht signifikant.

5.4.8 Regressionsanalyse zur Untersuchung des Einflusses ausgesuchter Variablen auf die Besuchshäufigkeit und Zahlungsbereitschaft

Mit Hilfe der Regressionsanalyse wird der Einfluss von einer oder mehreren unabhängigen Variablen (auch Regressoren genannt) auf eine abhängige Variable bestimmt. Die Abhängigkeit der Besuchshäufigkeit und der Zahlungsbereitschaft von St. Anton am Arlberg auf die Regressoren wird in jeweils einem eigenen Modell erklärt.

Um die multiple Regressionsanalyse durchführen zu können, müssen zunächst einige Variablen umcodiert werden, denn die vorgenommenen Analysen sind nur mit metrisch skalierten Variablen anwendbar. Jedoch können durch den Einsatz von sogenannten Dummy-Variablen auch ordinal skalierte Variablen in der Analyse eingesetzt werden. Hierbei wird die Information einer Variable auf die Werte "0" und "1" reduziert und daher lassen sich die Dummy-Variablen wie metrisch skalierte Größen behandeln. Jedoch darf dieses Prozedere für die vorliegenden Schätzmethode nur bei den unabhängigen Variablen angewendet werden (Mayerl und Urban, 2011, S. 275 f.).

In der folgenden Tabelle werden die unabhängigen Variablen aufgelistet, welche für die Regressionsanalyse verwendet wurden. Zugleich wird auch erläutert, wie die Daten für das Modell aufbereitet worden sind.

Tabelle 13: Erläuterung der unabhängigen Variablen (Regressoren) für beide abhängigen Variablen

<i>Besuchshäufigkeit als abhängige Variable</i>		
<i>Unabhängige Variable</i>	<i>Beschreibung / Codierung</i>	<i>Skalenniveau</i>
Reisekosten (Zeit)	Anreise in Stunden multipliziert mit dem RVS-Kostensatz für Freizeitverkehr (8 Euro/ Personenstunde)*	Metrisch
WTP Szenario 1	Zahlungsbereitschaft der Gäste für Szenario 1	Metrisch
WTP Szenario 2	Zahlungsbereitschaft der Gäste für Szenario 2	Metrisch
Bewusstsein/Freileitung	Bewusstsein bei der Buchung über das Vorfinden von Freileitungen (1= ja, Bilder im Web, früherer Aufenthalt, anderer Grund / 0= nein)	Binär (Dummy)
Hoch alpine Landschaft	Kriterium bei der Auswahl des Winterurlaubsorts (1= wichtig / 0= eher wichtig, eher unwichtig, unwichtig)	Binär (Dummy)
Anzahl der Lifte & Pisten	Kriterium bei der Auswahl des Winterurlaubsorts (1= wichtig / 0= eher wichtig, eher unwichtig, unwichtig)	Binär (Dummy)
Alter	Alter der befragten Gäste	Metrisch
<i>Logarithmierte Zahlungsbereitschaft [Log(WTP)] als abhängige Variable</i>		
Besuchshäufigkeit	Besuchshäufigkeit für die nächsten 5 Jahre bei Szenario 1 und 2	Metrisch
Offene Landschaft mit Fernblick	Kriterium bei der Auswahl des Winterurlaubsorts (1= wichtig / 0= eher wichtig, eher unwichtig, unwichtig)	Binär (Dummy)
Log (Anreisezeit)	Logarithmierte Anreise in Stunden	Metrisch
Log (Einkommen)	Logarithmiertes Nettoeinkommen des Haushalts	Metrisch
Geschlecht	(1= Frauen / 0= Männer)	Binär (Dummy)

Quelle: gemeinsame Bearbeitung mit Diplomarbeitbetreuer Michael Getzner; RVS, 2010, S. 26 *

Die Einkommens-, Anreise- und Zahlungsbereitschaftsvariable wurden logarithmiert, damit sich die empirische Verteilung der Form einer Normalverteilung annähert. Bei diesem Vorgang wird die Differenz zwischen den Werten und der Regressionsgeraden verkleinert. Damit werden größere Werte untergewichtet (Mayerl und Urban, 2011, S. 199 f.).

Besuchshäufigkeit als abhängige Variable (Tabelle 14)

Im Modell mit der Besuchshäufigkeit als untersuchende Variable wurden die Anzahl der Fälle durch ein Pool verdreifacht. Da die Besuchshäufigkeit für die letzten 5 Jahre, für die nächsten 5 Jahre bei Szenario 1 und 2 erhoben worden ist, kann dies durch ein dreifaches Untereinanderreihen des Datensatzes erreicht werden. Anhand der Koeffizienten kann nun geprüft werden, wie hoch der Einfluss der einzelnen unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable ist.

Tabelle 14: Regressionsmodell mit der Besuchshäufigkeit als abhängige Variable

<i>Modell / Besuchshäufigkeit</i>	<i>Koeffizient</i>	<i>Standardfehler</i>	<i>z-Statistik</i>	<i>Signifikanz</i>
(Konstante)	0,524373	0,098542	5,321334	0,0000
Reisekosten (Zeit)	-0,007981	0,001447	-5,517145	0,0000
WTP Szenario 1	-0,040969	0,051434	-0,796538	0,4257
WTP Szenario 2	0,101610	0,049598	2,048671	0,0405
Bewusstsein/Freileitung	0,746622	0,049534	15,07281	0,0000
Hoch alpine Landschaft	0,357759	0,046888	7,630117	0,0000
Anzahl der Lifte & Pisten	0,103777	0,047791	2,171454	0,0299
Alter	0,013046	0,001665	7,833758	0,0000

Methode: ML/QML - Poisson Count (Quadratic hill climbing), n=411, korrigiertes R²=0,283651

Quelle: gemeinsame Bearbeitung mit Diplomarbeitbetreuer Michael Getzner

Entscheidend bei der Interpretation der Koeffizienten ist noch die Betrachtung der Signifikanz. Um einen Koeffizienten als signifikant zu bezeichnen ist üblicherweise ein Signifikanzniveau von 0,05 oder niedriger zu erreichen. Dies wird von allen Variablen bis auf die WTP für Szenario 1 erreicht. Damit gilt die Variable WTP Szenario 1 als nicht signifikant und hat keinen großen Einfluss auf die Regressionsgleichung. Interessant ist allerdings das negative Vorzeichen des Koeffizienten, aus welchem schussgefolgert werden kann, wenn die Gäste mehr zahlen kommen sie seltener, obwohl im Szenario 1 durch die Teil-Erdverkabelung das Landschaftsbild verschönert wird.

Hingegen bei der WTP für Szenario 2 stimmt die angenommene Hypothese, dass sich bei einer höheren Zahlungsbereitschaft auch die Besuchshäufigkeit erhöht.

Mit einer größer werdenden Anreisedauer zu einem Ort wird eine Erhöhung der Besuche dieses Ortes aller Voraussicht nicht größer werden. Eine Zurücklegung einer längeren Strecke und längeren Dauer ist zumeist auch mit höheren Reisekosten verbunden und diese müssten bei häufigeren Besuchen auch von den Personen getragen werden. Diese Behauptung wird durch das Modell bestätigt, denn zunehmende Reisekosten der Gäste von St. Anton implizieren eine kleinere Verringerung der Besuchshäufigkeit.

Den größten Einfluss auf die Besuchshäufigkeit hat die Variable Bewusstsein/Freileitung. Dies bestätigt allerdings nicht die eigentliche Hypothese. Wenn den Gästen bereits bei der Buchung klar ist in St. Anton Hochspannungsleitungen vorzufinden, dann könnte davon ausgegangen werden, dass sie sich einen anderen Urlaubsort suchen. Allerdings genau das Gegenteil erklärt das Modell. Die vielen Stammgäste von St. Anton könnten eine mögliche Erklärung für diesen Beweggrund sein.

Eigenschaften wie eine hoch alpine Landschaft und ein großes Skigebiet vermitteln Werte die für die Auswahl eines Urlaubsortes entscheidend sind. Positive Koeffizienten bei hoch alpiner Landschaft und Anzahl der Lifte & Pisten bestätigen diese These, wodurch sich die Anzahl der Besuche aufgrund dieser Eigenschaften der Gemeinde St. Anton erhöht.

Zahlungsbereitschaft (Log WTP) als abhängige Variable (Tabelle 15)

Anders als bei der Besuchshäufigkeit wurde die Zahlungsbereitschaft im Fragebogen nur für Szenario 1 und 2 abgefragt. Daher wurde beim Modell zur Ermittlung des Einflusses der unabhängigen Variablen auf die Zahlungsbereitschaft die Anzahl der Fälle lediglich verdoppelt.

Tabelle 15: Regressionsmodell mit der logarithmierten Zahlungsbereitschaft Log(WTP) als abhängige Variable

<i>Modell / Log(WTP)</i>	<i>Koeffizient</i>	<i>Standardfehler</i>	<i>z-Statistik</i>	<i>Signifikanz</i>
(Konstante)	-5,357182	2,773135	-1,931814	0,0534
Besuchshäufigkeit	1,766724	0,39982	4,418794	0,0000
Offene Landschaft mit Fernblick	0,824764	0,434442	1,898442	0,0576
Log (Anreisezeit)	-1,421034	0,444537	-3,196659	0,0014
Log (Einkommen)	0,809641	0,316549	2,557708	0,0105
Geschlecht	0,977134	0,408109	2,394295	0,0167

Methode: ML-Censored Normal (TOBIT) (Quadratic hill climbing), n=256, Log likelihood= -660,8999

Quelle: gemeinsame Bearbeitung mit Diplomarbeitbetreuer Michael Getzner

Alle verwendeten Regressoren, um die WTP zu erklären, weisen in diesem Modell eine Signifikanz auf. Die höchste Signifikanz weist die Besuchshäufigkeit auf. Dies bestätigt die Annahme, dass Personen, die öfter nach St. Anton kommen, auch bereit sind mehr Geld auszugeben und damit mehr in den zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds einzahlen.

Im ersten Modell wurde festgestellt, dass höhere Reisekosten eine leichte Reduzierung der Besuchshäufigkeit zur Folge haben. Nun wird der Einfluss der Anreisedauer auf die Zahlungsbereitschaft untersucht. Somit müsste eigentlich bei einer längeren Anreise, welche mit mehr Kosten verbunden ist als die kürzere, die WTP geringer sein. Der negative Koeffizient bestätigt diese Annahme und damit hat die unabhängige Variable Anreisezeit ebenfalls eine signifikante Einflussnahme auf die Erklärung der WTP.

In Regressionsmodell der WTP wurde als Kriterium bei der Auswahl des Winterurlaubsorts die offene Landschaft mit Fernblick als unabhängige Variable ausgewählt. Im Hinblick auf die großen Masten und vielen Leiterseile der Stromleitungen in St. Anton müssten die Personen, die viel Wert auf eine weite offene Sicht legen, auch bereit sein mehr dafür zu zahlen, dass die Freileitungen unter der Erde verschwinden. Diese Feststellung bewahrheitet sich aufgrund des positiven signifikanten Koeffizienten von 0,824.

Die zwei verbleibenden Variablen (Einkommen und Geschlecht) haben ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die WTP. Dies bekräftigt die Annahme, dass mit einem höheren Einkommen auch die Zahlungsbereitschaft steigt. Dieser Umstand war aufgrund der nicht signifikanten Korrelation zwischen WTP und Nettoeinkommen nicht zu erwarten. Daher zeigt die Verwendung der logarithmierten Variablen in der Regressionsanalyse, dass hier sehr wohl ein signifikanter Zusammenhang vorhanden ist. Damit ist geklärt, dass Urlauber mit einem kleinen Budget nicht so viel für die Erdverkabelung zahlen können, wie Gäste mit einem hohen Einkommen.

Bei der letzten Variante ist es schwer eine Hypothese aufzustellen, ob Frauen oder Männer bereit sind mehr für eine Erdverkabelung bzw. ein Landschaftsbild ohne Freileitungsmasten zu zahlen. Das Modell belegt mit einem Koeffizienten von fast eins, dass Frauen eine höhere Zahlungsbereitschaft haben.

5.5 Monetäre Nutzen der Zahlungsbereitschaft für St. Anton am Arlberg

Bei einer Verwirklichung der Erdverkabelung nach den in Kapitel 5.3 beschriebenen Szenarien entsteht neben dem veränderten Landschaftsbild und dem Wegfallen der externen Effekte für die Hochspannungsleitungen ein monetärer Nutzen, welcher aus dem zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds akquiriert wird. Dieser Nutzen wird aus dem Mittelwert der abgefragten Zahlungsbereitschaft für die Szenarien errechnet und auf die Gäste im ganzen Jahr in St. Anton hochgerechnet. Zum einen könnten die Ankünfte oder die Nächtigungen von St. Anton für die Hochrechnung der Zahlungsbereitschaft auf ein Jahr herangezogen werden. Im Fragebogen wurde die Zahlungsbereitschaft für ihre gesamte Aufenthaltsdauer der Gäste abgefragt. Daher variiert die Aufenthaltsdauer der befragten Gäste unterschiedlich lang und der Mittelwert ist höher als der Wert der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer der Statistik Austria. Daher wurden zur Hochrechnung der Zahlungsbereitschaft auf ein Jahr die Nächtigungszahlen von St. Anton herangezogen. Somit wurde die aus der Befragung berechnete durchschnittliche Zahlungsbereitschaft für eine Nacht pro Person (Tabelle 16) mit den Nächtigungen von St. Anton multipliziert.

Als Vergleich zur direkt abgefragten Zahlungsbereitschaft wird zusätzlich der monetäre Nutzen aus der Konsumentenrente auf der Basis des Reisekostenansatzes (siehe Kapitel 5.1) berechnet. Zur Berechnung der Konsumentenrente sind die Werte aus der Regressionsanalyse der Tabelle 14 herangezogen worden. Dabei ist aus der Differenz der tatsächlichen und hypothetischen Reisehäufigkeit der Nutzen für Szenario 2 kalkuliert worden.

Der Einfluss der Zahlungsbereitschaft für Szenario 1 auf die Besuchshäufigkeit im Regressionsmodell weist keine Signifikanz auf. Die hohe Irrtumswahrscheinlichkeit von 43 Prozent (siehe Tabelle 14) lässt auf keine Zahlungsbereitschaft schließen und somit entsteht auch kein Gewinn/Verlust gegenüber dem Status Quo. Daher wurde für die Teil-Erdverkabelung (Szenario 1) keine Konsumentenrente berechnet.

Sowie bei der Zahlungsbereitschaft sind zur Hochrechnung der Konsumentenrente der Reisefrequenz auf ein Jahr die Nächtigungszahlen von St. Anton herangezogen worden.

Tabelle 16: Nächtigungen von St. Anton, durchschnittliche Zahlungsbereitschaft und Konsumentenrente nach Aufenthalt und Nächtigungen, monetarisierter Nutzen aus dem Erdverkabelungsfonds und der Reisefrequenz

St. Anton am Arlberg	Wintersaison 2012/2013 (Nov.-April)	Sommersaison 2013 (Mai-Okt.)
Nächtigungen ¹	1.013.187	123.202
<i>gesamt (Saison 2012/2013)</i>	1.136.389	
	Szenario 1	Szenario 2
Durchschnittliche Zahlungsbereitschaft/WTP pro Gast je Aufenthalt ²	3,54 €	9,34 €
Durchschnittliche Zahlungsbereitschaft/WTP pro Gast für eine Nächtigung ²	0,54 €	1,52 €
jährlicher Nutzen der WTP ² (gerundet auf 1.000)	617.000 €	1.727.000 €
Durchschnittliche Konsumentenrente (Reisefrequenz) pro Gast je Aufenthalt ²	-	12,73 €
Durchschnittliche Konsumentenrente (Reisefrequenz) pro Gast für eine Nächtigung ²	-	1,93 €
jährlicher Nutzen der Konsumentenrente ² (gerundet auf 1.000)	-	2.199.000 €
kumulierter diskontierter Nutzen aus der WTP über 40 Jahre ² (Diskontzinssatz von 3 %, gerundet auf 1.000)	14.271.000 €	44.437.000 €
kumulierter diskontierter Nutzen aus der Konsumentenrente über 40 Jahre ² (Diskontzinssatz von 3 %, gerundet auf 1.000)	-	53.023.000 €

Quelle: Statistik Austria, 2014, Gem. Kennziffer 70621¹; Berechnung aus den Ergebnissen der Befragung von St. Anton und den Nächtigungen²; eigene Bearbeitung und Darstellung

Die berechnete durchschnittliche Zahlungsbereitschaft pro Gast und Nächtigung ist für Szenario 2 (1,52 Euro) fast 3x Mal so hoch, wie die von Szenario 1 (0,54 Euro). Hochgerechnet auf alle Gäste der Gemeinde St. Anton am Arlberg ergibt dies bereits eine beachtliche Summe, die für ein Jahr aus dem Erdverkabelungsfonds erzielt werden könnte. Exakt würde der jährliche monetäre Nutzen der Zahlungsbereitschaft für Szenario 1 bei 617.400 Euro liegen und für Szenario 2 bei 1.727.084 Euro.

Die ausgerechnete durchschnittliche Konsumentenrente pro Gast und Nächtigung liegt bei Szenario 2 (1,93 Euro) 41 Cent über der direkt abgefragten Zahlungsbereitschaft. Daraus ergibt sich ein jährlicher Nutzen bei Szenario 2 von fast 2,2 Mio. Euro.

Um diesen akquirierten Nutzen beider Methoden in Relation zu den Kosten für eine Erdverkabelung zu setzen sind im nächsten Kapitel die Kosten für eine Erdverkabelung der Hochspannungsleitungen im Gemeindegebiet von St. Anton am Arlberg kalkuliert worden. Daher erscheint in der Tabelle 16 noch der kumulierte diskontierte Nutzen für 40 Jahre auf, welcher im Kapitel 6 für die Gegenüberstellung zwischen den Kosten für die Erdverkabelung und dem Nutzen aus der Zahlungsbereitschaft sowie der Konsumentenrente der Reishäufigkeit relevant ist.

6 Möglichkeiten der Erdverkabelung von Hochspannungsleitungen anhand des Beispiels der Gemeinde St. Anton am Arlberg

Seit Jahren wird darüber diskutiert, ob eine Erdverkabelung eine geeignete Alternative zur Freileitung im Höchstspannungsnetz darstellt. Realisierte Projekte im Netzausbau mit Höchstspannung beschränken sich in der Regel auf innerstädtische Projekte. Üblicherweise kam von Seiten der Netzbetreiber hauptsächlich das Argument, dass Erdkabel im Vergleich zu Freileitungen zu teuer sind und teilweise auch technisch nicht gleichwertig zu realisieren sind (Brakelmann und Jarass, 2012, S. 19).

Wie bereits im Kapitel 2.5.2 beschrieben, scheitert der Ausbau von Hochspannungsleitungen oft an dem großen Widerstand der Bevölkerung, welche gegen die externen Effekte der Freileitung protestiert. Um diesen Widerstand zu verringern bietet sich in sensiblen Bereichen, zum Beispiel in der Nähe von Siedlungsgebieten, eine Teilverkabelung als Lösung an. Damit würde der Netzausbau vorangetrieben werden und Engpässe in der Energieübertragung würden der Vergangenheit angehören.

Beide Übertragungsmedien (Freileitung und Erdkabel) haben verschiedene typische Anwendungsbereiche. Sie bringen Vor- und Nachteile mit sich und im Regelfall gibt es keine Universallösungen für den Einsatz des jeweiligen Mediums (APG, 2011b, S. 18).

Dieses Kapitel widmet sich nun konkret den technischen Ausführungsmöglichkeiten und den Vor- und Nachteilen einer Erdverkabelung im Vergleich zu Freileitungen. Darüber hinaus wird der Kostenfaktor einer Erdkabeltrasse für die in Szenario 2 (Kapitel 5.3.3) beschriebene Erdverkabelung von St. Anton am Arlberg kalkuliert.

6.1 Erdverkabelung im Höchstspannungsbereich

6.1.1 Technische Eigenschaft des Erdkabels

Bei der Ausführung des Erdkabels mit Wechselstrom in der Hoch- und Höchstspannung wird unterschieden zwischen der gasisolierten Rohrleitung (GIL) und einem Kunststoffkabel mit einer Isolation aus vernetztem Polyethylen (**VPE-Kabel**). Die gasisolierte Rohrleitung kam erstmals 1976 zur Anwendung und wurde schließlich ab den 90er Jahren durch die Weiterentwicklung der VPE-Kabel als gängige Erdverkabelungsvariante abgelöst (Oswald, 2005, S. 9 f.).

Der große Unterschied zwischen den beiden Varianten liegt in der Isolierung. Das vernetzte Polyethylen (VPE) ist sehr temperaturbeständig und zeichnet sich durch eine hohe Spannungsrisssbeständigkeit aus, hingegen bei der GIL kommt Gas oder Öl als Isolierung zur Anwendung und daher gilt die VPE-Technik als umweltfreundlicher. Außerdem weist das VPE-Kabel im Vergleich mit der GIL weitere vorteilhaftere Eigenschaften auf, wie eine höhere Übertragungsleistung, kleinere Verluste, ein geringeres Gewicht, eine hohe elektrische Festigkeit und damit geringere Isolierdicke. Damit kommen für alle neuen Kabelanlagen in der Mittel-, Hoch- und

Höchstspannungsebene heutzutage nur noch VPE-Kabel zum Einsatz (Hofmann und Oswald, 2010, S. 22).

Ein typischer Aufbau eines VPE-Kabels ist in der Abbildung 33 dargestellt. In diesem Fall liegt ein Kupfer-Segmentleiter im Inneren des Kabels vor, der von der VPE Schicht isoliert wird. Je nachdem für welche Spannung ein Leiter verwendet wird, desto dicker ist die VPE Isolierung. Häufig wird auch statt Kupfer Aluminium als Leiterquerschnitt verwendet.

Abbildung 33: Aufbau eines 380-kV VPE Einleiterkabels



Aufbau (von innen nach außen): 6-Segment-Millikenleiter mit einem Kupferquerschnitt von 2500 mm², VPE-Isolierung (weißer Rand), Kupferschirm mit 50 mm² Querschnitt, Aluminium-Dampfsperre, PE-Außenmantel, Außendurchmesser 14,2 cm,

Quelle: Oswald, 2005, S. 11

Grundsätzlich muss bei Erdkabeln eine ausgewogene **thermische Stabilisierung** sichergestellt sein, d. h. die abgegebene Wärme der Kabeln darf den umliegenden Boden nicht austrocknen, da somit die Wärmeleitfähigkeit des Bodens nicht mehr ausreichend ist, um die abgegebene Wärme abzutransportieren. Sollte dabei die Belastungsgrenze der Kabel überschritten werden, kann es zu einer Überhitzung und zu einem Ausfall der Leitung kommen. In manchen Fällen müssen Maßnahmen zur Reduktion der Bodenerwärmung getroffen werden. Bei normalen Verhältnissen hilft eine Einbettung des Kabels in thermisch stabilisierte Materialien wie gestufte Sande oder Magerbeton. Sind diese kabelumgebenden Materialien nicht ausreichend, muss eine eigene Kühlung der Kabel erfolgen, wie es oft in Tunneln oder Kanälen vorkommt (Brakelmann et al., 2009, S. 68).

6.1.2 Variation in der baulichen Auslegung der Kabelsysteme

Bei der technischen Ausführung der Erdverkabelung mit VPE-Kabeln gibt es verschiedene Möglichkeiten, welche unterschiedliche Auswirkungen auf den Flächenverbrauch, die Höhe der magnetischen Felder und die Kosten mit sich bringen.

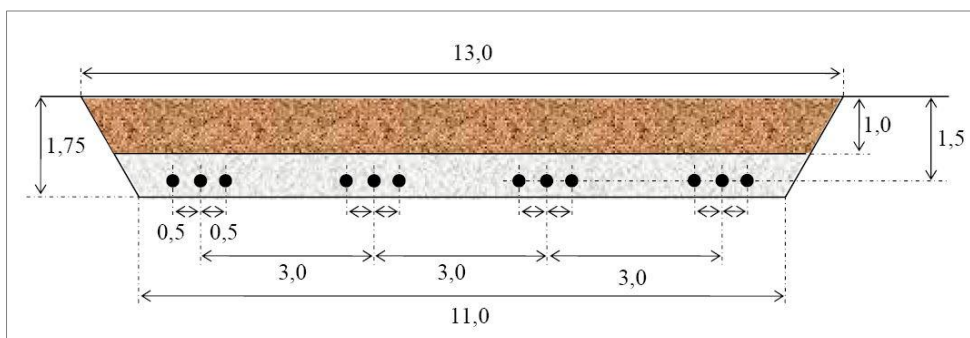
Hier werden die verschiedenen Varianten am Beispiel einer Erdverkabelung einer 380-kV Doppelsystemfreileitung erläutert. Um die gleiche Übertragungskapazität mit Erdkabeln zu erreichen werden vier Systeme anstatt zwei Freileitungssystemen gebraucht. Dies liegt an der geringeren thermischen zulässigen Grenzleistung der Kabel. In den folgenden Beispielen der Auslegung der

Kabelsysteme werden je Freileitungssystem zwei parallel betriebene Kabelsysteme in Reihe geschaltet und diese bilden einen Stromkreis (Barkelmann und Jarass, 2012, S. 34 f.).

Kabel im Erdboden

Prinzipiell kann das Erdkabel bei offener Bauweise direkt in den Boden verlegt bzw. in ein Bettungsmaterial eingelegt werden oder in Kunststoffrohre (PE-Rohre) eingezogen werden. Bei der Verlegung in PE-Rohre besteht der große Vorteil, dass bei einer Reparatur die Kabel durch das Rohr gezogen werden können. Anders müsste der Kabelgraben geöffnet werden, wobei bei einer Unachtsamkeit die Gefahr vor einer weiteren Beschädigung gegeben ist. Als Nachteile der PE-Rohre sind Maßnahmen für Zug- und Druckentlastung der Muffen und eine leichte Verminderung der Kabelbelastbarkeit wegen der entstehenden Luftpolster zu nennen. Hingegen bietet die direkte Verlegung eine gute Wärmeübertragung und Fixierung der Kabel. Ohne PE-Rohre werden Investitionskosten gespart und die Übertragungsleistung steigt um 5 Prozent. Somit bleibt es im Ermessen des Netzbetreibers, ob höhere Kosten im Nachhinein in Kauf genommen werden. Die Verlegung des Kabels im Erdboden ist mit dem geringsten Aufwand verbunden, insbesondere bei der Einebenenordnung (siehe Abbildung 34) (Barkelmann und Jarass, 2012, S. 43 f.). Aufgrund des Abstandes zwischen den Systemen besteht eine geringe Wärmeentwicklung durch die Erdkabel.

Abbildung 34: Gabenprofil für 4 Kabelsysteme in der Einebenenordnung (Maße in Meter)



Quelle: Oswald, 2007a, S. 34

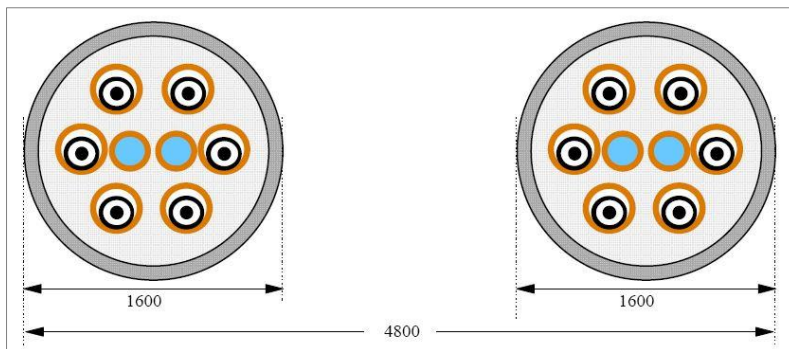
Um die Kabeltrasse zu verkleinern, könnten die Kabeladern für jedes System in einer Dreiecksanordnung ausgeführt werden. Insbesondere mit Kühlung verringert sich dabei das magnetische Feld im Vergleich zur Einebenenordnung (siehe Tabelle 17).

Kabel in der Phase-Splitting Anordnung im Rohr oder offenen Kabelgraben

Hier erfolgt die Kabelanordnung für 6 Kabeladern in einem symmetrischen Sechseck. Durch diese Anordnung wird die Phasenfolge des Drehstroms optimiert, dass eine beträchtliche Verringerung des magnetischen Feldes erzielt werden kann. Aufgrund der dichten Anordnung der Kabeladern ist zumeist eine Zwangskühlung erforderlich.

Es können 6 Kabeladern (2 Systeme) in ein Stahlbetonrohr verlegt werden, welche wie in Abbildung 35 noch durch je ein Rohr durch zwei Kühladern gekühlt werden. Die Kabeladern können auch einfach im offenen Kabelgraben verlegt werden, jedoch sind dann weitere Kühlrohre erforderlich (Barkelmann und Jarass, 2012, S. 51 ff.).

Abbildung 35: Kabelverlegung mit der Phase-Splitting Anordnung im Rohr mit je zwei Kühlrohren (Innendurchmesser 1,2m, Außendurchmesser 1,6m)



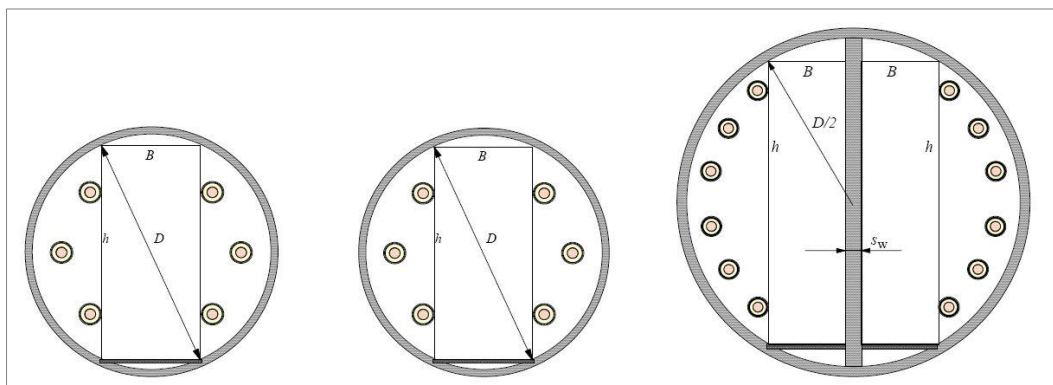
Quelle: Barkelmann und Jarass, 2012, S. 53

Gegenüber dem offenen Kabelgraben bietet diese Variante einige Vorteile wie eine geringe Trassenbreite und damit einen geringeren Flächenverbrauch. Des Weiteren stellt diese Auslegung der Stahlbetonrohre einen geringeren Eingriff in die Bodenstruktur dar, da keine zusätzliche thermische Stabilisierung benötigt wird (ebd.).

Kabel im begehbaren Leitungsgang

Als dritte Variante kommt eine Auslegung der Kabeln in begehbaren Leitungsgängen zum Einsatz. Im Gegensatz zu den beiden anderen Erdverlegungsvarianten bietet diese Ausführung einige Vorteile. Zum einen bietet der abgeschlossene Leitungsgang einen hervorragenden mechanischen Schutz der Kabel, wie es auch die Stahlbetonrohre in der Phase-Splitting Anordnung sind. Im Falle eines Ausfalls oder Schadens eines Systems kann durch die Begehrbarkeit der Fehler schnell gefunden werden und die Reparatur und Wartung sind einfacher. Durch eine zusätzliche Installation einer Belüftung des Kanals (Kühlung) können sehr hohe Belastungsreserven geschaffen werden. Weiters besteht die Möglichkeit, kostengünstigere Kabel mit Aluminiumleitern einzusetzen (Barkelmann und Jarass, 2012, S. 58).

Abbildung 36: Begehrbarer Leitungsgang, zwei Leitungsgänge (\varnothing je ca. 2,2 m) mit je zwei Kabelsystemen (links), ein Leitungsgang (\varnothing ca. 3,5 m) mit vier Kabelsystemen (rechts)



Quelle: Barkelmann und Jarass, 2012, S. 59

Wie in der Abbildung 36 zu sehen ist, können entweder zwei getrennte Leitungsgänge oder ein größerer Leitungsgang mit einer Trennwand zur Anwendung kommen. Diese Trennwand sollte

magnetisch abgeschirmt sein, um das Magnetfeld im Leitungsgang zu begrenzen. Dies ist notwendig, um den nicht betriebenen Leitungsgang bei Aufrechterhaltung der Stromversorgung im benachbarten Leitungsgang betreten zu können (ebd.).

Als kostengünstige Variante bietet sich bei offener Bauweise ein Infrastrukturkanal an, welcher ebenfalls mit zwei abgetrennten Kammern ausgestattet ist und alle Vorteile des begehbaren Leitungskanals aufweist (Brakelmann, 2012, S. 7)

In der Tabelle 17 werden nun zusammenfassend für die verschiedenen Ausführungen der Erdverkabelung der Abstand von der äußersten Kabelader bis zum Erreichen der magnetischen Flusstärke von 1 Mikro-Tesla und der erforderliche Schutzstreifen dargestellt.

Die angegebenen Werte gelten für eine Vollast im Normalbetrieb. Diese ist beschränkt durch die thermische Grenzleistung von 2.725 Megavoltampere (MVA), welche als die größtmögliche Übertragungsleistung gilt (Brakelmann, 2012, S. 25). Die Kostenschätzung ist für eine überwiegend ebene landwirtschaftlich genutzte Fläche berechnet.

Tabelle 17: Magnetische Feldstärke bei Vollast im Normalbetrieb und Investitionskosten pro Meter für die unterschiedlichen Erdkabelauführungen

<i>Bauliche Auslegung der Kabeladern</i>	<i>Erreichung des 1,0 µT-Wertes bei seitlichem Abstand zur äußersten Kabelader [m]</i>	<i>Schutzstreifen für 1,0 µT [m]</i>	<i>Kostenschätzung pro Laufmeter⁶ [€]</i>
Einebenenordnung¹ (ohne Kühlung)	20 m	45 m	8.200 € (offene Bauweise)
Dreiecksanordnung² (ohne Kühlung)	32,7 m	57 m	8.200 € (offene Bauweise)
Dreiecksanordnung³ (mit Kühlung)	12,5 m	30 m	8.600 € (offene Bauweise)
Phase Splitting Anordnung⁴	6,10 m	12 m	8.100 € (offene Bauweise)
Kabellegung in begehbarem Leitungsgang/Tunnel⁵ (Überdeckung des Tunnels von ca. 2m)	5 m	16 m	8.800 € (halboffene Bauweise, Zweikammer Leitungsgang) 7.700 € (offene Bauweise, Infrastrukturkanal mit zwei Kammern)

Quelle: Brakelmann, 2012, S. 25¹, S. 33², S. 38³, S. 48⁴, S. 58⁵, S. 117 ff.⁶

Der festgeschriebene Grenzwert der magnetischen Felder (100-µT) wird in allen Varianten direkt oberhalb der Leitungsachse deutlich unterschritten.

Bei der direkten Verlegung im Boden (Einebenenordnung, Dreiecksanordnung) kann durch eine Hinzufügung einer Kühlung der Abstand der Trasse verringert werden und damit auch eine deutliche Reduzierung des magnetischen Feldes erreicht werden. Die Kosten für diese Ausführungen variieren im Bereich von 7.700 und 8.800 Euro. Diese geringe Spannbreite liegt auch an der gedachten ebenen Oberfläche. Bei einer unterschiedlichen Beschaffenheit der Geländeform können die Kosten weitaus mehr voneinander abweichen.

6.1.3 Vorteile der Erdverkabelung gegenüber Freileitungen

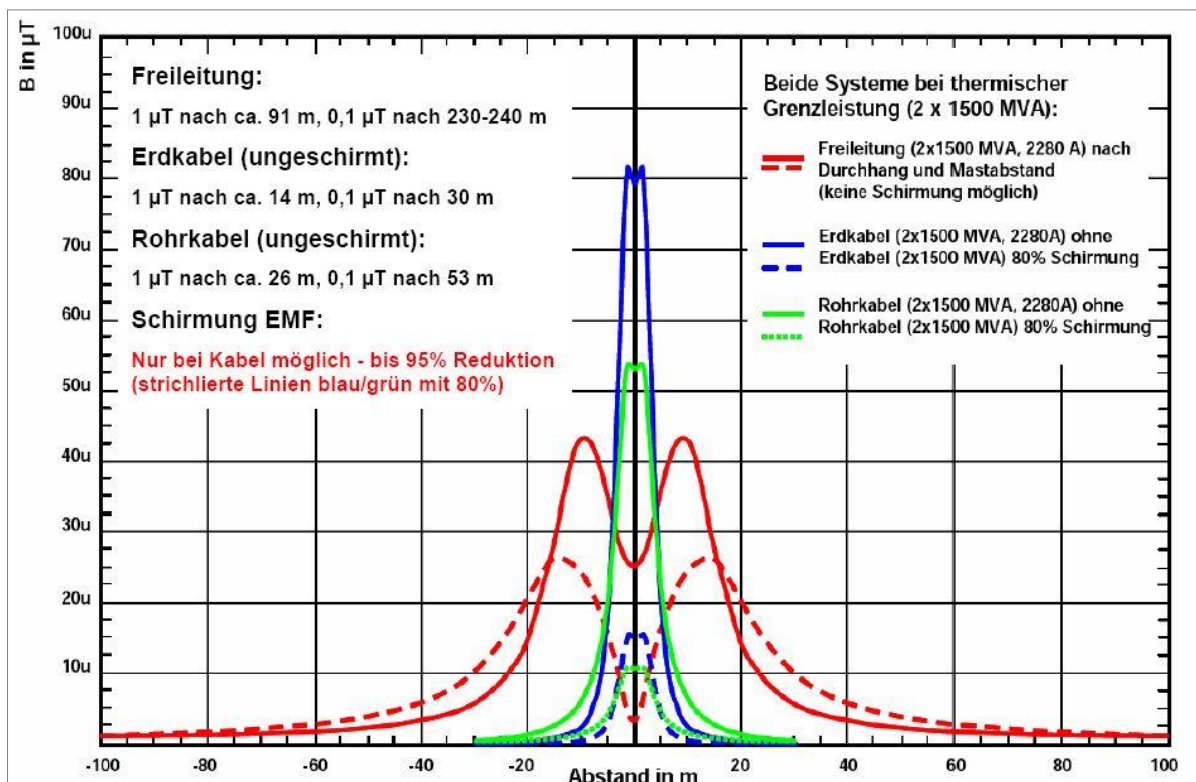
Nachdem nun die technische Ausführung der Erdverkabelung für den Höchstspannungsbereich im vorhergehenden Kapitel ausgeführt worden ist, werden nun konkret die externen Effekte der Erdkabel mit denen der Freileitungen verglichen. Zuerst werden in diesem Abschnitt die Vorteile der Erdkabel angeführt und im nächsten Unterkapitel die Nachteile im Vergleich mit den Freileitungen.

Der große Vorteil bei der Erdverkabelung besteht in der **hohen Umweltverträglichkeit**. Insbesondere folgende Umweltauswirkungen wie Vogelschlag, Landschaftsbild und elektromagnetische Felder sind bei der Erdverkabelung geringer bzw. nicht vorhanden (Brakelmann und Jarass, 2012, S. 28). In den kommenden Unterpunkten werden diese Punkte genauer betrachtet.

Magnetische Felder

Bei der Erdverkabelung ist das magnetische Feld direkt über der Leitungstrasse deutlich höher als bei der Freileitung, jedoch nimmt die magnetische Flussdichte wesentlich schneller seitlich ab im Gegensatz zur Freileitung (siehe Abbildung 37). Bei einer Schirmung der Erdkabel ist klar zu erkennen, dass die magnetische Flussdichte erheblich kleiner wird oberhalb der Trassenmitte.

Abbildung 37: Magnetische Flussdichte bei thermischer Grenzleistung (2x 1500 MVA) der geplanten 380 kV-Salzburgleitung im Vergleich mit einer möglichen Erdverkabelungsvariante



Quelle: Hoffmann und Noack, 2007, S. 10

Somit ist im Bereich der magnetischen Felder ein klarer Vorteil für die Erdverkabelung gegeben.

Elektrische Felder

Erdkabel haben keine elektrischen Felder, da sie von der inneren und äußeren Leiterschicht der elektrischen Isolierung begrenzt werden.

Koronageräusche

Diese Geräusche können ebenfalls nicht mehr auftreten, da die Luft als Isolator wegfällt und somit keine Entladungserscheinungen zwischen den Elektroden stattfinden können.

Flächenverbrauch

Im Vergleich des Raumanpruches von Freileitungen (Tabelle 5) und Erdkabeln (Tabelle 14) auf der Höchstspannungsebene wird ersichtlich, dass der Schutzstreifen bei der Erdverkabelung in der Regel kleiner ist. Insbesondere bei der Auslegung der Kabelsysteme in begehbaren Leitungsgängen und beim Phase-Splitting kann der Schutzstreifen mit nur 16 bzw. 12 Metern sehr klein gehalten werden. Aus landwirtschaftlicher Sicht gibt es auf der Erdkabeltrasse keine Restriktion bis auf tiefwurzelnde Bäume plus einem Rand von ca. fünf Metern (ENTSO-E und Europacable, 2010, S. 14). Jedoch muss unterhalb einer Freileitung der Bewuchs ebenfalls kleingehalten werden, daher ist dies nicht als Nachteil anzusehen.

Landschaftsbild

Bis auf kleine Waldschneisen, welche im Gegensatz zu Freileitungen bei Erdkabeln wesentlich dezenter ausfallen, hat die Erdverkabelung keine Wirkung auf das Landschaftsbild.

Umweltverträglichkeitsprüfung

Bei der Ausführung von Stromleitungen als Erdkabel ist keine UVP anzuwenden. Dies ermöglicht eine wesentlich schnellere Realisierung einer Leitung, da ein sehr langer und aufwendiger Genehmigungsprozess wegfällt.

6.1.4 Nachteile der Erdverkabelung gegenüber Freileitungen

Ausfallsraten und Reparaturzeiten

Grundsätzlich treten bei Freileitungen häufiger Störungen auf, jedoch verursachen diese in den meisten Fällen keine bleibenden Schäden, sondern können durch eine Kurzunterbrechung und Wiedereinschaltung behoben werden. Häufig treten Lichtbogenkurzschlüsse auf, bei welchen sich die Durchschlagsstelle in der stromlosen Pause wieder regeneriert. Es wird bei Freileitungen auch von der selbstheilenden Wirkung gesprochen (Oswald, 2007a, S. 24).

Bei Kabeln treten Störfälle seltener auf, aber wenn sie auftreten, dann resultieren daraus zumeist bleibende Schäden. Leitungsausfälle liegen bei Erdkabeln meistens an Fehlern durch äußere Einwirkungen bzw. Beschädigungen der Kabel bei Bauarbeiten, durch Alterung oder Korrosion, durch die thermische Überbeanspruchung und auch durch Montage- oder Verlegefehler.

Des Weiteren erhöhen die bei einer Erdverkabelung erforderlichen Anlagen wie Kühleinrichtungen, Endverschlüsse und Muffen, die Nichtverfügbarkeit des Systems (Oswald, 2007a, S. 26). Insbesondere die Muffe gilt als die größte Schwachstelle in einem System. Sie wird zur Verbindung

der Einzelkabelstücke verwendet. Der Durchmesser der Leiter ist bei Freileitungen geringer als bei Kabeln. Dies führt zu einem Umstand, dass die Leiter pro Meter an Gewicht und Größe deutlich zunehmen und daher der Transport von Erdkabeln schwieriger wird. VPE-Kabel mit einem Leiterquerschnitt von 2500 mm² können etwa mit einer Länge von etwa 500 Meter bei 380-kV Leitungen und von 1000 Meter bei 110-kV und 220-kV Leitungen geliefert werden (Brakelmann, 2004, S. 7). Diese Einzelstücke werden vor Ort mit Hilfe der Muffen verbunden.

Freileitungsschäden sind schnell gefunden und in wenigen Stunden, zumindest aber an einem Tag, behoben, jedoch bei der Erdverkabelung kann dies mehrere Wochen dauern. Folgende Tätigkeiten, wie die Fehlersuche, Erdarbeiten, Montage und Spannungsprüfung, nehmen mehr Zeit in Anspruch als bei Freileitungen (Brakelmann, 2012, S. 122).

Grundsätzlich kann dieser Wert aber nicht verallgemeinert werden, da es auch auf die Ausführung der Erdverkabelung ankommt. In einem begehbaren Leitungsgang kann ein Fehler wesentlich schneller lokalisiert und repariert werden als bei einer Auslegung der Kabeladern direkt im Boden.

Zu einer deutlichen Verringerung der Ausfallraten bei Kabeln führt eine Hinzufügung von Reserveadern im Leitungsgang, welche mit erhöhten Kosten verbunden ist (ebd.).

Nutzungsdauer

Freileitungen kommen bei einer ordnungsgemäßen Instandhaltung auf eine Nutzungsdauer von 50 bis 80 Jahren. Diese Instandhaltungsmaßnahmen umfassen das Fundament des Sockels, den Korrosionsschutz der Stahlgittermasten und den Austausch der Leiter- und Erdseile, welche in einem Zeitraum von 40-50 Jahren getauscht werden müssen (Lugschitz, 2014, persönliches Gespräch).

VPE-Kabel unterliegen einem Alterungsprozess, der über eine Lebensdauerkennlinie des Isoliermaterials beschrieben wird. Somit nimmt die elektrische Festigkeit über die Betriebsjahre hinweg ab. Nach dem heutigen Stand wird die Dimensionierung des Kabels so vorgenommen, dass nach 40 Jahren Betrieb die elektrische Festigkeit noch immer über der höchsten auftretenden Dauerfeldstärke liegt.

Jedoch muss hier angemerkt werden, dass die VPE-Erdkabeltechnik serienmäßig erst seit etwa 25 Jahren im Einsatz ist und es daher keine Erfahrungswerte zur Lebensdauer gibt, ob die Leitungen länger halten. Daher sind die 40 Jahre als Richtwert anzusehen und aufgrund der heutzutage hohen Qualitätsstandards kann die Lebensdauer auch länger sein (Brakelmann, 2004, S. 24).

Würde nun tatsächlich die Nutzungsdauer von 80 Jahren der Freileitung mit jener der Erdverkabelung von 40 Jahren verglichen werden, wäre dies ein Nachteil für das Erdkabel.

Überspannung von Hindernissen

Prinzipiell ist die Überquerung von Hindernissen wie Autobahnen, Bahntrassen, Flüssen usw. mit Freileitungen unkomplizierter und mit einem geringeren Aufwand verbunden. Jedoch entsteht in der Betriebsphase kein Nachteil, sondern nur im Zuge der Bauphase.

6.1.5 Anwendung der Erdverkabelung in Europa

In Europa wurden bereits einige Erdverkabelungsprojekte im Höchstspannungsbereich realisiert. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick ausgewählter Projekte mit unterschiedlicher technischer Auslegung der VPE-Kabel.

Tabelle 18: Übersicht über eine Auswahl realisierter VPE-Erdverkabelungsprojekte mit Höchstspannung von 400-kV in Europa

<i>Standort</i>	<i>Projekt</i>	<i>Zeitraum</i>	<i>Leitungen x Länge [km]</i>	<i>Verlege- und Kühlverfahren</i>
Berlin	Verbindung westliches/östliches System	1998 2000	2x 6,0 2x 6,0	Belüfteter Tunnel
Jutland	Gebiet von herausragender Schönheit, Wasserweg und halbstädtische Bereiche	2002/3	2x 14,0 in 3 Abschnitten	Direkt erdverlegt & Rohre
Kopenhagen	Eliminierung von Freileitungen im Stadtgebiet	1996 1999	1x 22,1 1x 12,0	Direkt erdverlegt
London	London St. Johns Wood-Elstree	2002/5	1x 20,0	Belüfteter Tunnel
London	West Ham – Hackney	2007/8	2x 6,3	Belüfteter Tunnel
Madrid	Erweiterung Barajas-Flughafen	2002/3	2x 13,0	Belüfteter Tunnel
Mailand	Abschnitt der Trubigo-Rho-Linie	2005/6	2x 8,5	Direkt erdverlegt & Rohre
Schweiz/ Italien	Mendrisio - Cagno Verbindung internationaler Netze	2007/8	1x 8,0	Direkt erdverlegt
Wien	Stromversorgung der Stadtmitte	2004/5	2x 5,5	In Betonblock verlegt

Quelle: ENTSO-E und Europacable, 2010, S. 24, eigene Darstellung

An dieser Auswahl an bereits umgesetzten Erdverkabelungsprojekten wird zum einen deutlich, dass eine Leitungslänge von 23 Kilometer nicht überschritten wird, zum anderen befinden sich alle Leitungen in Städten bis auf Jutland und die Verbindung zwischen der Schweiz und Italien. Jutland, wo 14 km Stromleitung verkabelt worden sind, gilt als eine Landschaft in Dänemark mit einer herausragenden Schönheit und das Gebiet an der Grenze zwischen der Schweiz und Italien ist dicht besiedelt. Somit wurde eine Erdverkabelung ausschließlich in sensiblen Bereichen, wie Städten mit Siedlungsnähe, vorgenommen.

Des Weiteren sind in der Tabelle 18 in der letzten Spalte die unterschiedlichen Ausführungen der Erdverkabelung angeführt. Hier zeigt sich ein ausgewogenes Verhältnis zwischen dem direkt verlegten Erdkabel im Boden und der Nutzung eines Tunnels.

Blindleistungskompensation

Wie in der Tabelle 15 ersichtlich liegen die Leitungslängen im Bereich von 5 bis 22 Kilometer und damit deutlich kürzer im Vergleich zu Hochspannungsfreileitungen, welche zur Übertragung über lange Distanzen eingesetzt werden.

Dies liegt an den speziellen elektrischen Eigenschaften der Kabel. Aufgrund der Isolierung wird das elektrische Feld bei Kabeln stark begrenzt und weist dadurch einen 18-mal so großen Kapazitätsbelag auf als Freileitungen. Diese Kapazitäten verursachen entlang der Leitung Querströme, welche sich zum sogenannten kapazitiven Ladestrom aufsummieren. Bei Freileitungen wird das elektrische Feld nicht isoliert und daher sind die Kapazitäten wesentlich geringer.

Das Problem beim Kabel ist, dass sich diese Ladeströme mit dem Transportstrom (Wirkleistung) überlagern und damit das Kabel mit Stromwärmeverlusten belasten. Dabei kommt es zu einer Erhöhung der Blindleistung, welche mit einer Reduzierung der übertragenen Leistung zusammenhängt. Diesen äußerst unwirtschaftlichen Umstand gilt es zu vermeiden. Aus diesem Grund ist bei VPE-Kabeln eine Blindleistungskompensation (Kompensation der kapazitiven Ladeleistung) erforderlich. Die Blindleistung ist der Anteil der Scheinleistung, welche keine Arbeit verrichtet. Im Gegensatz wird die effektiv übertragene Strommenge als Wirkleistung bezeichnet (Oswald, 2007a, S. 13).

Diese auftretenden Ladeströme bei Freileitungen bis 50 Kilometer sind mit ca. 0,2 Ampere pro Kilometer (A/km) bei 110-kV und bis zu 1 A/km bei 380-kV nicht so gravierend. Im Gegensatz dazu weisen Kabel merkliche Ladeströme auf, die

- etwa 5-6 A/km bei 110 kV-VPE-Kabeln,
- etwa 9-11 A/km bei 220 kV-VPE-Kabeln und
- etwa 14-16 A/km bei 380 kV-VPE-Kabeln

betragen können. Dadurch werden diese Ladestromverluste zur Verbesserung des Übertragungsverhaltens durch Kompensationsdrosseln kompensiert (Brakelmann, 2004, S. 31).

Grundsätzlich wird diese Blindleistungskompensation nur für Kabelstrecken ab einer bestimmten Länge benötigt. Erdkabel mit 380-kV Spannung erfordern ab einer Länge von etwa 20 Kilometern Kompensationseinrichtungen zur Reduzierung der kapazitiven Ladeleistung (Oswald, 2007b, S. 3).

Auf der 380-kV Ebene eignen sich Teilverkabelungen ausschließlich auf kürzeren Strecken, denn eine Vollverkabelung des Wechselstroms zur Übertragung über weite Strecken mit der VPE-Technik ist wegen der notwendigen und sehr teuren Anlagen zur Kompensation von Blindleistung nicht sinnvoll. Im Bereich der Hochspannung (110-kV Leitungen) werden die Leitungen traditionell ebenfalls überwiegend noch als Freileitung ausgeführt, obwohl Erdkabel bereits Stand der Technik sind. Jedoch entscheidet zumeist immer noch der Kostenfaktor über die Ausführung als Kabel oder Freileitung (Forum Netzintegration, 2012, S. 4).

6.2 Realisierungsmöglichkeiten einer Erdverkabelung für St. Anton am Arlberg

Nachdem nun im vorherigen Kapitel die grundlegenden technischen Möglichkeiten der Erdverkabelung im Höchstspannungsbereich erörtert worden sind, kann nun konkret auf die Erdverkabelung in St. Anton am Arlberg eingegangen werden. Im Gemeindegebiet von St. Anton sind derzeit folgende Freileitungen in Betrieb:

- 380-kV Leitung (Netzbetreiber APG)
- 110-kV Leitung (Netzbetreiber: TINETZ, Tiroler Netzgesellschaft)
- 110-kV Bahnstromleitung (Netzbetreiber: ÖBB)

Im Szenario 2 (siehe Kapitel 5.3.3) wird eine vollständige Erdverkabelung angenommen, somit müssen für alle 3 Freileitungen geeignete Lösungen für eine Erdverkabelung gefunden werden.

In den nachfolgenden zwei Unterkapiteln wird nun ein Vorschlag für eine mögliche Leitungstrasse diskutiert und eine technische Umsetzung der baulichen Auslegung der Erdkabelsysteme dargelegt.

6.2.1 Mögliche Erdkabeltrasse

Anhand der Topographie des Gemeindegebiets kann St. Anton am Arlberg in zwei Abschnitte unterteilt werden, welche sich durch einen deutlichen Höhenunterschied unterscheiden. Diese Teilung ist notwendig, da zwei unterschiedliche bauliche Auslegungen der Erdverkabelung notwendig sind.

Abschnitt 1 - sanft hügelige Beschaffenheit der Oberfläche

Der erste Abschnitt erstreckt sich vom östlichen Ende vom Ortsteil St. Jakob am Arlberg bis etwa zum Ortsteil Moos. Derzeit verlaufen die Freileitungen nördlich des Siedlungsgefüges. Die Erdverkabelung sieht vor, dass die Trasse nun auf der südlichen Seite des Flusses Rosanna verlaufen soll. Auf dieser Seite ist fast keine Bebauung vorzufinden und damit kann ein geringer Abstand zu Siedlungen vermieden werden. Die Trasse würde teilweise parallel zur unterirdischen Eisenbahntrasse verlaufen. Folgende Hindernisse sind bei dieser Trassenführung zu unterqueren:

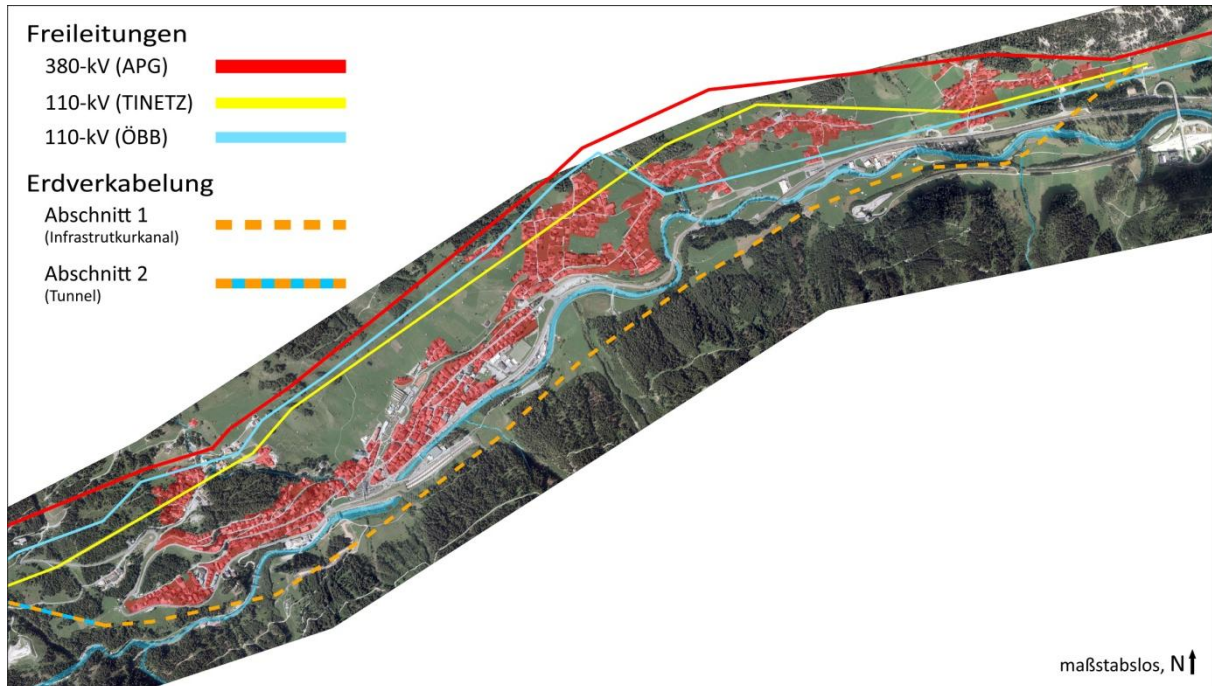
- Arlbergstraße (L 197)
- Eisenbahntrasse (1x)
- Fluss Rosanna (2x)

Neben diesen Barrieren ist die Landschaft geprägt von landwirtschaftlichen Nutzflächen und Waldflächen, welche sanft hügelig mit kaum Querneigung verlaufen.

Die Länge des Abschnittes beträgt 5.742 Meter und kann aufgegliedert werden in

- landwirtschaftliche Flächen mit 3.247 Meter und
- Waldflächen mit 2.496 Meter.

Abbildung 38: Abschnitt 1 der Erdverkabelung (sanft hügelige Oberfläche, Infrastrukturkanal)



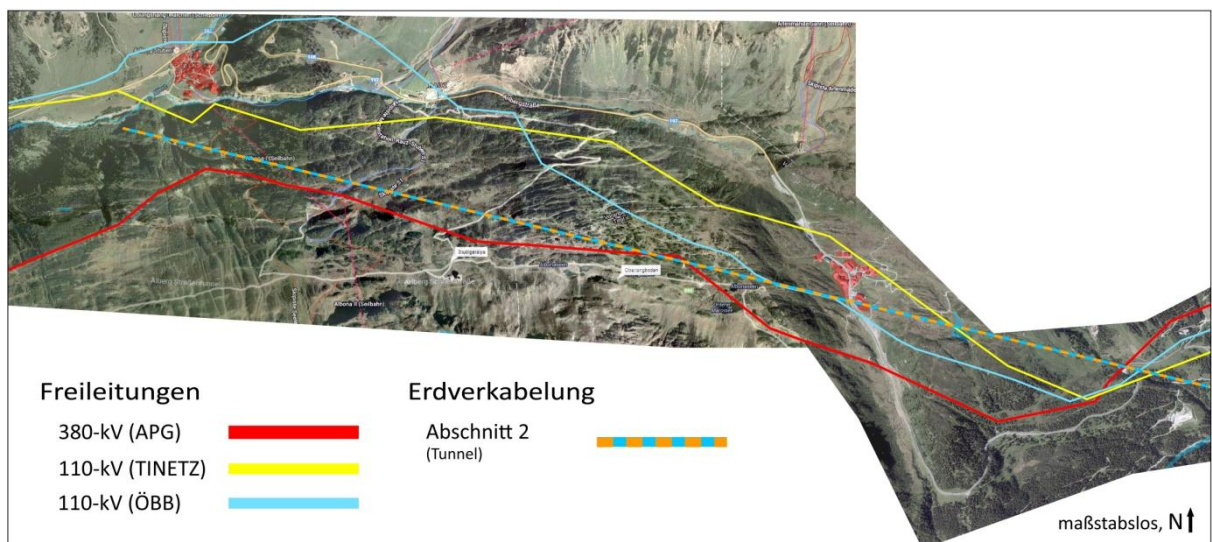
Quelle: GIS-Daten der Gemeinde St. Anton am Arlberg, eigene Bearbeitung und Darstellung

Im Abschnitt 1 kommt es zu keinem Verlust an landwirtschaftlicher Fläche ausgenommen in der Bauphase, lediglich Waldflächen müssen der Kabeltrasse weichen. Allerdings wird aufgrund der wiedergewonnenen Freileitungstrassen Waldfläche zurückgewonnen.

Abschnitt 2 - gebirgisches Gelände

Wie die Abbildung 39 zeigt, führt der zweite Abschnitt der Erdverkabelung vom Ende des Ortsgebietes von St. Anton über den Arlbergpass über die Grenze nach Vorarlberg bis zum Beginn des Passürtunnels (Stuben).

Abbildung 39: Abschnitt 2 der Erdverkabelung (gebirgisches Gelände, Tunnel)



Quelle: GIS-Daten der Gemeinde St. Anton am Arlberg; Satellitenbilder (Hybrid-Ansicht) der Internetplattform bergfex.at; eigene Bearbeitung und Darstellung

In diesem Abschnitt muss die Erdverkabelung aufgrund des steilen Geländes als Tunnel verlegt werden. Ein Tunnel ist über eine große Länge unausweichlich (Lugschitz, 2014, persönliches Gespräch). Die Länge des Tunnels beträgt 7.237 Meter.

6.2.2 Technische Ausführung

Die Übertragungsleistung der bestehenden Freileitungen muss auch von der geplanten Erdverkabelung gewährleistet sein. Zuerst werden die technischen Details für die 380-kV Leitung betrachtet und anschließend für die 110-kV Leitungen.

380-kV Leitung

Diese Leitung dient zur Stromübertragung auf der Höchstspannungsebene zwischen Vorarlberg (Umspannwerk UW Bürs) und Tirol (UW Westtirol). Dabei handelt es sich um eine Doppelsystemleitung (Leitung 421 und 422), welche als Zweierbündel ausgeführt ist.

Aufgrund des steigenden Strombedarfs wird die technische Ausführung des Erdkabels für eine hohe Übertragungsleistung kalkuliert.

Die geplante Erdverkabelung der 380-kV Leitung soll eine thermische Grenzleistung von 4.541 MVA ergeben. Beim Ausfall eines Systems (n-1) beträgt die gesicherte Leistung 2.271 MVA.

Diese thermische Grenzleistung steht eigentlich für eine 380-kV Freileitung mit zwei Systemen, welche als Dreierbündel ausgeführt ist. Somit wird die maximal mögliche Übertragungsleistung von der geplanten Erdverkabelung leicht überschritten, was als Vorteil in Bezug auf die thermische Stabilisierung angesehen werden kann.

Um diese thermische Grenzleistung von 4541 MVA mit Erdkabeln zu gewährleisten, müssen zwei 380-kV Kabel-Doppelsysteme verwendet werden (Brakelmann, 2012, S. 9).

Damit ergibt sich derselbe Sachverhalt, wie im Kapitel 6.1.2 für die Auslegung der Kabel angeführt. Es werden statt bisher 6 Leiterseilen 12 Kabeladern benötigt, um bei einem Ausfall eines Kabel-Doppelsystems (6 Kabeladern) mit dem zweiten Doppelsystem den n-1 Betrieb aufrecht zu erhalten.

Für den **Abschnitt 1** kommt der Infrastrukturkanal in Frage, welcher trotz der geringsten Kosten aufgrund der Begehbarkeit Vorteile in der Reparatur aufweist und die Kabeladern mechanisch geschützt sind. Des Weiteren lässt er wegen seiner Zwangsbelüftung eine hohe Belastungsgrenze der Kabel zu (Brakelmann, 2012, S. 92). Der Kanal wird bei einer offenen Bauweise ausgeführt, welche im Abschnitt 1 einfach zu realisieren ist, da ausreichend Platz entlang der Leitungstrasse gegeben ist, um in der Bauphase mit schweren Baumaschinen einen leichten Zugang zur Trasse zu bekommen. In der Abbildung 40 ist ein in Bau befindlicher Infrastrukturkanal abgebildet.

Abbildung 40: Infrastrukturkanal



Quelle: Brakelmann, 2012, S. 93

Die Abmessungen je Kammer belaufen sich auf 1,80 m Breite und 2,20 m Tiefe. Insgesamt wird der Infrastrukturkanal mit zwei Kammern eine Grabensohlenbreite von 6,50 m und Tiefe von 4,00 m haben. Grundsätzlich nimmt diese Variante im Betrieb einen geringen Trassenbedarf ein. Der Schutzstreifen für die Einhaltung des 1,0 μ T Grenzwertes beträgt 16 Meter (Brakelmann, 2012, S. 120 f.).

Im **Abschnitt 2** kommt ein begehbare Zweikammern-Tunnel (Durchmesser von 3,2 Meter) zum Einsatz, wie er in der Abbildung 36 rechts dargestellt ist. Zum Bau des Tunnels wird ein geschlossenes Bohrpressverfahren angewendet (Brakelmann, 2012, S. 93). Durch diesen Zweikammern-Tunnel muss nur eine Bohrung durchgeführt werden, welche geringere Kosten und weniger Aufwand mit sich bringt. Aufgrund der Länge von über 7 Kilometern ist eine Belüftung des Tunnels notwendig.

Sowohl im Abschnitt 1 (Infrastrukturkanal) und 2 (Tunnel) wird dieselbe Ausführung der Kabel verwendet. Zum Einsatz kommt das VPE-Kabel mit einem Aluminiumleiter, der einen Leiterquerschnitt von 2500mm² hat. Die Übertragungsleistung von einem Kupferleiter ist allerdings höher, jedoch wird auch mit den Aluminiumleitern die Übertragungsleistung für beide Systeme von 4.541 MVA erreicht. Des Weiteren sind Aluminiumleiter die kostengünstigere Lösung (Brakelmann, 2012, S. 56).

110-kV Leitungen

Hier wird daran gedacht, die Leitung nach dem Beispiel vom Pfändertunnel im Arlbergstraßentunnel mitzuverlegen. Im Zuge der Errichtung der zweiten Autobahntunnelröhre (2012) im Pfänder bei Bregenz wurde gleichzeitig eine 110-kV Kabelleitung mitverlegt (Mall, 2014, persönlicher Schriftverkehr).

In diesem Jahr wird mit der Sanierung des S16 Arlbergschnellstraßentunnels begonnen, welche bis 2017 abgeschlossen sein soll. (Asfinag, 2014, online)

Im Zuge dieses Vorhabens wäre eine Verlegung der beiden 110-kV Leitungen (TINETZ und ÖBB) sinnvoll. Damit würden zusätzliche Kosten für einen weiteren Tunnel durch den Arlberg gespart und eine vorhandene Infrastruktur in zweierlei Hinsicht effizient genutzt werden.

Dadurch würde sich eine Erdverkabelungslänge entsprechend der Länge des Arlbergstraßentunnels von 13.972 Metern ergeben (Wikipedia, 2014b, online).

Bei den 110-kV Erdverkabelungen werden ebenfalls VPE-Kabeln mit einem Aluminiumleiter verwendet. Allerdings beträgt hier der Leiterdurchschnitt nur 1000mm² und weist eine Dauerbelastbarkeit von 130 MVA auf (Hofmann und Oswald, 2011, S. 9).

Notwendig sind noch jeweils an den beiden Enden Übergangsbauwerke für jede Freileitung, um den Anschluss an das bestehende Freileitungssystem herzustellen. Dabei kommt am Übergang zwischen Freileitung und Kabel ein Kabelendmast zum Einsatz, der den Strom zur Kabelübergangsanlage leitet (Oswald, 2007a, S. 29).

6.3 Kosten einer Erdverkabelung für St. Anton am Arlberg (Szenario 2)

Um nun die Wirtschaftlichkeit (siehe auch Abbildung 4) dieser Erdverkabelung zu überprüfen, müssen einerseits die einmaligen Investitionskosten und andererseits die jährlichen und sonstigen anfallenden Kosten betrachtet werden. Als sonstige Kosten können Reparaturen angesehen werden, welche als Einzelereignisse auftreten und in diesem Fall nicht angeführt werden. Zu den jährlichen Kosten zählen die Betriebs- und Verlustkosten. Die Betriebskosten werden üblicherweise aufgrund der geringen Unterschiede vernachlässigt und bekommen ebenfalls keine Berücksichtigung. Allerdings im Sinne des Wirtschaftlichkeitsvergleichs spielen insbesondere die Verlustkosten einen entscheidenden Faktor im Vergleich zwischen Kabel und Freileitung (Brakelmann und Jarass, 2012, S. 75).

6.3.1 Investitionskosten

Grundsätzlich wurden die Kosten gemäß der Beschaffenheit der Geländeoberfläche anhand der Studie von Brakelmann aus dem Jahr 2012 angepasst⁴. In der folgenden Tabelle sind die Investitionskosten der Erdverkabelung für alle 3 Freileitungen separat dargestellt.

Tabelle 19: Übersicht über die Leitungslänge und die Investitionskosten für die Erdverkabelung der 380-kV Leitung und 110-kV Leitungen

<i>System / Spannungsebene</i>	<i>380-kV (APG) Doppelsystem</i>		<i>110-kV (TINETZ) Doppelsystem</i>		<i>110-kV (ÖBB) Bahnstrom (1 System)</i>	
	<i>Leitungslänge</i>	<i>Kosten/Meter</i>	<i>Leitungslänge</i>	<i>Kosten/Meter</i>	<i>Leitungslänge</i>	<i>Kosten/Meter</i>
Abschnitt 1 Landwirtschaftliche Fl.	3.247 m	7.700 € ¹	-	-	-	-
Abschnitt 1 Waldfläche	2.496 m	8.700 € ¹	-	-	-	-
Abschnitt 2 Tunnel	7.237 m	15.700 € ¹	13.972 m	650 € ³	13.972 m	265 € ⁵
Kabelübergangsanlagen	2	1.500.000 € ²	2	600.000 € ⁴	2	300.000 € ⁴
Unterquerungen⁶	Landesstraße ÖBB Trasse Fluss (2x)	500 € 500 € 1.000 €	-	-	-	-
Gesamt/Leitung (gerundet)	(Kabeladern) (Trasse) 12.980 m	(51.920.000 € ⁶) (111.420.000 €) 163.340.000 €	13.972 m	9.081.000 €	13.972 m	3.703.000 €
Insgesamt (gerundet) (alle 3 Leitungen)	176.000.000 € (176 Mio. €)					

Quelle: Brakelmann, 2012, S. 121¹, S.76², S. 116⁶; Hoffmann und Oswald, 2011, S. 9³, S. 24⁴; Brakelmann, 2004, S.64⁵; eigene Berechnungen und Darstellung

⁴ Etliche Studien beschäftigen sich mit den Investitionskosten von Erdverkabelungsprojekten. Mehrheitlich variieren dabei die Kosten erheblich. Die Studie von Brakelmann aus dem Jahre 2012 wurde für St. Anton am Arlberg herangezogen, da sich diese Untersuchung speziell der Teilverkabelung im voralpinen und alpinen Raum widmet.

In der Tabelle 19 sind die Kosten für die Halterungen, Lüftung, Muffenbauwerke und VPE-Kabeln bereits in den Kosten/Meter für jeden Abschnitt miteingerechnet. Bei der ÖBB Leitung werden nur 50 Prozent der Kosten einer Kabelübergangsanlage angenommen, da diese Übergangsanlagen am selben Standort wie die der TINETZ geplant sind und damit die Kosten für das abgezünte Grundstück, die Schutz- und Sekundärtechnik nicht doppelt berechnet werden müssen (Brakelmann, 2012, S. 76). Bei einer Realisierung der Erdverkabelung nach der technischen Ausführung von Kapitel 6.2 belaufen sich die Investitionskosten des Projekts auf insgesamt 176 Mio. Euro.

Um einen Vergleich zwischen den Investitionskosten dieser Erdverkabelung (nur 380-kV Spannungsebene) und einer normalen Freileitung mit derselben Länge herzustellen, wird angenommen, dass eine Freileitung etwa 1.000 Euro pro Meter kostet (Brakelmann, 2012, S. 128). Die längenbezogenen Investitionskosten dieser 380-kV Erdverkabelung liegen bei ca. 12.400 Euro. Somit ergibt sich für diese Erdverkabelung ein Investitionskostenfaktor von 12,4 im Vergleich zu einer Freileitung.

6.3.2 Verlustkosten

Neben den im Kapitel 6.2.2 beschriebenen Kompensationsverlusten entstehen im Betrieb von elektrischen Leitungen zusätzlich spannungsabhängige und stromabhängige Verluste. Durch diese Verluste kommt es zu einer Reduzierung des Wirkungsgrades und damit wird die Wirtschaftlichkeit während des Betriebes der Leitungen beeinflusst. Spannungsabhängige Verluste werden aufgrund der Durchlässigkeit der Isolierung verursacht. Aufgrund des größeren Ableitungsbelags sind sie bei Kabeln ein wenig größer als bei Freileitungen. Für die stromabhängigen Verluste, welche den Hauptanteil der Verluste darstellen, sind die ohmschen Widerstände verantwortlich und aufgrund der schlechteren Wärmeableitung und des größeren Leiterquerschnitts der Kabel fallen sie wesentlich geringer aus als bei Freileitungen. Daher weisen insgesamt Kabel geringere Übertragungsverluste auf als Freileitungen (Oswald, 2007b, S. 2 f.).

Die Verlustkosten wurden für die 380-kV und 110-kV Spannungsebene separat für die Erdkabel und Freileitungen berechnet, um aus der Differenz den Nutzen für die Erdverkabelung zu generieren.

Die Werte können aus der Tabelle 20 entnommen werden und sind bereits auf 40 Jahre kapitalisiert. Zur Berechnung wurde ein Kostensatz von 0,06 Euro pro Kilowattstunde (kWh) für die verlorene Übertragungsleistung herangezogen.

Tabelle 20: Verlustkosten über 40 Jahre kapitalisiert für die Gesamtstrecke der Verkabelung

<i>System</i>	<i>380-kV (APG)¹</i>		<i>110-kV (TINETZ & ÖBB)²</i>	
	<i>Freileitung</i>	<i>Kabel</i>	<i>Freileitung</i>	<i>Kabel</i>
jährliche Verlustenergien	1615 (MWh/km)/a	592 (MWh/km)/a	-	-
Verlustkosten auf 40 Jahre kapitalisiert (gerundet)	17.471.000 €	6.400.000 €	6.044.000 €	1.417.000 €
Differenz (Nutzen)	11.071.000 €		4.627.000 €	

Quelle: Brakelmann und Jarass, 2012, S. 76¹; Krämer und Oswald, 2006, S 30²; eigene Berechnung und Darstellung

6.4 Gegenüberstellung zwischen den Kosten der Erdverkabelung und dem durch die Zahlungsbereitschaft sowie der Konsumentenrente der Besuchshäufigkeit der befragten Gäste berechnete Nutzen für Szenario 2

Die Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen wird mit Hilfe des diskontierten Barwerts für eine Modelllaufzeit von 40 Jahren durchgeführt. Allerdings sind auf der Kostenseite lediglich die einmaligen Investitionskosten zu finden, da die jährlichen Betriebskosten ebenfalls bei den sonst bestehenden Freileitungen anfallen würden und somit weggelassen werden. Die Nutzenströme gliedern sich in die Verlustkosten und dem berechneten Nutzen aus der Zahlungsbereitschaft der Gäste auf.

Um den Restwert der technischen Anlagen nach dem Ende der Modelllaufzeit bestimmen zu können, muss die Abschreibungsdauer festgelegt werden. Der Infrastrukturkanal und der Tunnel der 380-kV Leitung werden mit 80 Jahren bemessen (RVS, 2010, S. 22). Für die VPE-Aluminium Kabeladern wird eine Abschreibungsdauer von 40 Jahren bestimmt, allerdings kann die Lebensdauer durchaus auch länger sein (Brakelmann, 2012, S.116). Jedoch wurde die Modelllaufzeit ohnehin nur mit 40 Jahren gewählt, somit ist in dieser Zeit kein Leitertausch notwendig. Für die im Arlbergstraßentunnel mitgeführten 110-kV Kabeladern gilt die gleiche Lebensdauer und somit ebenfalls eine Abschreibungsdauer von 40 Jahren (Hofmann und Oswald, 2010, S.38).

Die Investitionskosten des Infrastrukturkanals und Tunnels müssen extra abdiskontiert werden, da die Abschreibungsdauer die Modelllaufzeit übersteigt.

Es wird angenommen, dass im Jahr 2014 die Erdverkabelung aller 3 Leitungen abgeschlossen ist und die Investitionssumme von 170 Mio. Euro getätigt wird. Für die Nutzungsdauer von 40 Jahren bis zum Jahr 2054 wird der jährliche Nutzen aus der Zahlungsbereitschaft sowie der Konsumentenrente und den Verlustkosten mit einem Diskontzinssatz von 3,0 Prozent abdiskontiert. Daraus ergibt sich der in der nachfolgenden Tabelle dargestellte kumulierte Barwert der Nutzengrößen.

Tabelle 21: Vergleich der Investitionskosten und dem kumulierten Nutzen im Jahr 2054 für Szenario 2

Einmalige Investitionskosten (keine laufenden Kosten)	176.000.000 €	
Restwert des Infrastrukturkanals und Tunnels im Jahr 2054 (abdiskontiert auf 40 Jahre mit 3 %, gerundet)	17.078.000 €	
<i>Ermittlung des Nutzens aus der Befragung für Szenario 2</i>	<i>Zahlungsbereitschaft (WTP)</i>	<i>Konsumentenrente (Reisefrequenz)</i>
kumulierter Barwert der Nutzengrößen im Jahr 2054 (abdiskontiert auf 40 Jahre mit 3 %, gerundet)	57.648.000 €	68.721.000 €
Nutzen - Kosten Verhältnis (Diskontzinssatz von 3 %)	0,36	0,43
Nutzen - Kosten Verhältnis (Diskontzinssatz von 1 %)	0,53	0,65

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis der Tabellen 19 und 20; eigene Darstellung

Da das Nutzen-Kosten Verhältnis kleiner als 1 ist, findet keine Amortisation der Kosten durch den Nutzen statt. Der Kostenbarwert übersteigt den Nutzenbarwert deutlich.

Sowohl das Nutzen-Kosten Verhältnis für die Zahlungsbereitschaft als auch für die Konsumentenrente zeigen, dass die Kosten für die Finanzierung der Teil-Erdverkabelung in St. Anton am Arlberg nicht alleine durch den Nutzen der Gäste gedeckt werden kann.

Auch eine Senkung des Diskontzinssatzes von 3 Prozent auf 1 Prozent führt lediglich zu einer leichten Erhöhung des Nutzen-Kosten Verhältnisses. Allerdings bleibt dabei das Verhältnis deutlich unterhalb eines rentablen Wertes (größer als 1).

Zur wirtschaftlichen Realisierung des Projektes müssten weitere Finanzierungsmöglichkeiten angewendet werden beispielsweise durch erhöhte Strompreise.

7 Effizienzsteigerung im Ausbau des Hoch- und Höchstspannungsnetzes: räumliche und planerische Aspekte

Dieses Kapitel dient insbesondere als Konnex zur Raumentwicklung. Hier werden Möglichkeiten aufgezeigt, die den Netzausbau mit Erdkabeln attraktiver gestalten und wie dabei mit dem Raumlandschafts- und umweltschonend umgegangen werden kann. Auch auf der Gesetzesebene soll der Weg für eine Erdverkabelung in sensiblen Bereichen gefördert werden. Entscheidend ist, dass auch bei den Netzbetreibern eine gesamtwirtschaftliche Sichtweise des Netzausbaus einkehrt.

Denn das grundsätzliche Problem ist zumeist, dass die bestehenden Freileitungen für die Stromleitungsbetreiber ausreichend sind und diese keine Intention besitzen eine Freileitung durch Erdkabel zu ersetzen. Dafür benötigt es gesellschaftlichen und politischen Druck.

7.1 Strategisches Trassenmanagement im Leitungsbau

Bei der Suche nach der bestmöglichen Trasse für eine Stromleitung als Freileitung oder Erdkabel kommt der Raumordnung eine hohe Bedeutung zu. Denn schlussendlich ist es zumeist die Nähe zu bestehenden Siedlungsgebieten, die Proteste bei Leitungsgegnern hervorrufen und damit Verzögerungen im Leitungsbau auslösen. Daher ist eine strategische Raumplanung im Leitungsbau gefordert, um die externen Effekte klein zu halten und dennoch die Wirtschaftlichkeit nicht außer Acht zu lassen.

Zahlreiche Trassen wie Straßen, Schienenanlagen, Pipelines übersäen die Landschaft ohnehin und haben Einfluss auf die Umgebung.

Daher muss das Bündelungspotential von Stromleitungen mit anderen linearen Infrastrukturen im Trassenmanagement in Betracht genommen werden. Dies gilt sowohl für Freileitungen als auch für Erdkabel. Vordergründig soll dadurch eine flächensparende Bodennutzung erzielt und die Verbauung von infrastrukturbelegter Fläche reduziert werden. Der visuelle Aspekt dient in diesem Zusammenhang eher als Begleiterscheinung (UVEK, 2013, S. 7).

Somit können beispielsweise Kabel in Leitungsgängen entlang oder unterhalb von Straßen, Bahnen und auch Flüssen geführt werden, ohne die darüber liegende Infrastruktur zu stören. Allerdings bedarf es hierfür einer Genehmigung vonseiten des Eigentümers der bestehenden Infrastruktur, um den Untergrund zur Erdverkabelung zu nutzen (Brakelmann, 2012, S.106).

Der Einsatz des begehbaren Leitungsgangs (Infrastrukturkanal oder Tunnel) bietet neben den bisher beschriebenen technischen Vorteilen im Kapitel 6.1.2 beim Blick in die Zukunft einen weiteren Vorzug. Der Wechsel des Übertragungssystems kann viel einfacher durchgeführt werden und lästige Genehmigungen sind unter Umständen nicht notwendig wie bei Freileitungen. Des Weiteren entwickelt sich die Technik rasend schnell weiter und unter Umständen ist es möglich, dass in 20 Jahren bereits Supraleiter in der Stromübertragung zum Einsatz kommen. Daher ist die Entscheidung für einen Tunnel auch eine Entscheidung für ein hoch-innovatives und flexibles System (Gäthke, 2011, online).

7.2 Einbindung der Bevölkerung in die Leitungsplanung zur Vermeidung von Verzögerungen und Akzeptanzproblemen

Eine Verzögerung im Übertragungsnetzausbau kann Engpässe im Versorgungssystem als Folge haben. Diese Engpässe bringen Kosten mit sich, welche unter Umständen durch eine raschere Realisierung einer Teil-Erdverkabelung vermieden werden könnten. Wie bereits erwähnt sind Teil-Erdkabelösungen eine Möglichkeit den Genehmigungsprozess zu verkürzen (Forum Netzintegration, 2012, S. 3).

Eine weitere Methode, um zukünftige Verzögerungen und Akzeptanzprobleme im Übertragungsnetzausbau zu verhindern, sorgt dafür im Planungsprozess eine frühzeitige Einbindung der Bevölkerung sicherzustellen. Von der ersten Trassenplanung bis zum Abschluss des Planungsprozesses sollten den betroffenen Bürgern Dialogmöglichkeiten mit dem Netzbetreiber zur Verfügung stehen. Einerseits sind einfach zugängliche Informationsangebote im Web hilfreich, um die projektspezifischen und allgemeinen Informationen zu energiewirtschaftlichen Zusammenhängen verständlich zu erklären, andererseits müssen auch direkte Gespräche vor Ort mit den betroffenen Grundstückseigentümern, Anrainern, Bürgermeister, usw. geführt werden. Dieser Dialog kann auf der Basis von regelmäßig veranstalteten Informationsabenden in den betroffenen Gemeinden stattfinden. Dadurch lassen sich einfach und schnell durch das direkte Gespräch Änderungswünsche der Betroffenen aufnehmen.

Neben der umfassenden Aufklärung der Anrainer und Betroffenen kann eine Implementierung der kontingenten Bewertungsmethode in Nutzen-Kosten Analysen von Vorteil sein. Dadurch lässt sich der soziale Nutzen von landschaftsverändernden Maßnahmen quantifizieren und in weiterer Folge als monetarisierter Nutzen den Kosten eines Projektes gegenüberstellen (Pruckner, 1995, S.24 f.).

Durch eine direkte Befragung der Meinung der betroffenen Bewohner gegenüber einer Leitungsanlage kann ein zielbewussterer Bezug zum Leitungsbauvorhaben hergestellt und ein positiver Effekt auf die Akzeptanz bewirkt werden (Beyer und Menges, 2013, S. 279 f.). Des Weiteren wird frühzeitig klar, wo eine Leitung eher als Erdkabel auszuführen ist, um Nutzungskonflikte zu vermeiden.

7.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Der letzte Abschnitt des siebten Kapitels beschäftigt sich mit der Gesetzeslage im Umgang mit elektrischen Leitungen. Dabei wird unterschieden zwischen der Handhabung des Gesetzes bei der Neuerrichtung von Leitungen und bei bestehenden Freileitungstrassen.

7.3.1 Umgang mit der Neuerrichtung von Leitungstrassen

In Deutschland gibt es bereits bundesweit Vorschriften in Gesetzen, welche die Netzbetreiber verpflichten sollen, vermehrt Erdkabel statt Freileitungen in Siedlungsnähe zu errichten. In dieser Hinsicht haben die österreichischen Landeselektrizitätsgesetze im Vergleich zu den deutschen Gesetzen einen Aufholbedarf. In Österreich gibt es ausschließlich Regelungen zur Ausführung der Erdverkabelung in den Elektrizitätsgesetzen von Salzburg und Kärnten. Des Weiteren besteht zwischen den beiden Ländern ein Unterschied in den vorgegebenen Abständen von Freileitungen zu

Gebäuden. Zur Veranschaulichung werden nun Auszüge aus den Gesetzen, welche sich mit der Erdverkabelung in sensiblen Bereichen beschäftigen, dargelegt.

Seit 2009 gibt es in Deutschland das Energieleitungsausbaugesetz, welches auf die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren für den Netzausbau auf der Höchstspannungsebene durch den Einsatz von Erdkabeln ausgerichtet ist. Weiters sollen damit auch Engpässe im Übertragungsnetz vermieden werden. Dabei ist bei einem Leitungsneubau mit 380-kV oder höherer Spannung auf einem technisch und wirtschaftlich effizienten Teilabschnitt die Leitung als Erdkabel zu errichten, wenn dabei ein Abstand von weniger als 400 Metern zu Wohngebäuden erreicht wird. Ein Abstand von 200 Metern darf bei Wohngebäuden nicht unterschritten werden, wenn sie sich im Außenbereich befinden d.h. außerhalb des Siedlungsgefüges (EnLAG 2009, § 2 Abs. 2).

Ähnlich zu diesem Gesetz ist auch die Vorschrift des Salzburger Landeselektrizitätsgesetzes. Wie bereits im Kapitel 4.6.2 angesprochen gelten hier ebenfalls die Abstandsregelungen von 400 und 200 Metern auf der Höchstspannungsebene (mehr als 110-kV). Sollte eine Leitung innerhalb dieser sensiblen Bereiche geplant werden, sieht das Gesetz eine Erdverkabelung vor (Salzburger LEG 1999, § 54a, Abs. 1-2).

Für den Ausbau des Hochspannungsnetzes und darunter (110-kV und weniger) gibt es in Deutschland seit 2011 eine bundesweite neue gesetzliche Vorschrift, welche Folgendes vorsieht:

"Hochspannungsleitungen auf neuen Trassen mit einer Nennspannung von 110 Kilovolt oder weniger sind als Erdkabel auszuführen, soweit die Gesamtkosten für Errichtung und Betrieb des Erdkabels die Gesamtkosten der technisch vergleichbaren Freileitung den Faktor 2,75 nicht überschreiten [...]" (EnWG 2005, § 43h).

Dieser auf die Wirtschaftlichkeit bezogene Ansatz zwingt die Netzbetreiber nicht, eine Erdverkabelung zu jedem Preis umzusetzen. Allerdings muss dieses Gesetz auch kritisch betrachtet werden, denn wenn die Netzbetreiber eine Leitung als Freileitung errichten wollen, muss einfach eine kostenintensive Kalkulation für die Erdverkabelung angewendet werden.

Bei keinen vorliegenden öffentlichen Interessen, welche meist durch Nutzungskonflikte hervorgerufen werden, kann die zuständige Behörde die Errichtung als Freileitung auch zulassen (EnWG 2005, § 43h).

Neben Salzburg hat auch das Land Kärnten im Elektrizitätsgesetz Bestimmungen, elektrische Leitungsanlagen in sensiblen Bereichen vermehrt als Erdkabel anstatt Freileitungen zu errichten. Als sensible Bereiche gelten hier wiederum geschlossene Siedlungsbereiche und Gebäude mit Wohnnutzung wie Kinderbetreuungseinrichtungen, Schulen, Krankenhäuser und Altersheime. Das Kärntner Elektrizitätsgesetz legt je nach Spannungsebene unterschiedliche Abstände zu den Wohngebäuden fest, welche wie folgt geregelt sind (Kärntner Elektrizitätsgesetz - K-EG, § 7b):

- bis 110-kV: 20 Meter
- 220-kV: 30 Meter
- 380-kV: 70 Meter

Diese Bereiche sind auch gemäß § 14a des Kärntner Elektrizitätsgesetzes als Schutzbereiche vor elektrischen Leitungsanlagen festgelegt, wo die Neuerrichtung von Gebäuden und baulichen Anlagen, die der Wohnnutzung dienen, nicht untersagt ist (Kärntner Elektrizitätsgesetz - K-EG, § 14a).

Im Vergleich zur Regelung des Salzburger Landeselektrizitätsgesetzes ist der sensible Bereich hier mit 70 Meter für die Höchstspannung sehr klein bemessen.

7.3.2 Umgang mit bestehenden Freileitungstrassen

Als wesentlich schwieriger erweist sich der Umgang mit bestehenden Freileitungen in sensiblen Gebieten, denn hier gibt es kein Gesetz, das eine Erdverkabelung oder eine Versetzung der Leitung vorsieht.

Bei bestehenden siedlungsnahen Freileitungen, die seit mehreren Jahrzehnten in Betrieb sind, gab es zur damaligen Errichtungszeit einfach keine Gesetzeslage, die eine Erdverkabelung oder Mindestabstände zu Gebäuden mit Wohnnutzung geregelt hatte.

Dieses Problem ist auch am Beispiel von St. Anton am Arlberg gegeben. Die 380-kV Freileitung wurde 1977/78 errichtet (Lugschitz, 2014, persönliches Gespräch). Zum einen hat sich zu dieser Zeit niemand über eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes oder die elektromagnetischen Felder beschwert, zum anderen gab es auch keine Alternative zur Freileitung im Höchstspannungsbereich. Daher blieb die Forderung nach einer Erdverkabelung von den Anrainern aus.

Ein aktuelles Beispiel anhand einer 110-kV Leitung bietet sich in Kottlingbrunn (Niederösterreich) an. Diese Leitung führt direkt über eine Siedlung mit 1800 Menschen und die Masten stehen zum Teil sogar mitten in den Gärten. Insgesamt stehen 106 Häuser in einem Abstand von nur rund 50 Metern von der Trassenmitte entfernt. Die Leitung der Wiener Netze wurde 1959 genehmigt und nun müssen nach 60 Jahren die Leiterseile getauscht werden, um die Leitung weiterhin betreiben zu können. Interessant ist, dass die Leitung bereits vor dem Bau der Siedlung über das Gebiet in Kottlingbrunn verlief und zum Zeitpunkt der Ansiedlung keine Beschwerden gegen die Freileitung eingebracht worden sind. Nun startet allerdings die Bürgerinitiative Himmelblau aus Kottlingbrunn eine Online-Petition gegen die Freileitung. Sie fordern vehement eine Erdverkabelung, um nicht weitere 60 Jahre unter der Leitung zu wohnen. Es ist klar, dass es sich hier um einen sensiblen Bereich handelt und eine Neuerrichtung über eine Siedlung bzw. die Widmung von Siedlungsgebiet unter einer bestehenden Leitung heutzutage undenkbar wäre.

Für die Wiener Netze stellt der Tausch der Leiterseile hingegen nur ein Service der Leitung dar. Sie benötigen dafür kein neues Genehmigungsverfahren und berufen sich auf ihren Bewilligungsbescheid aus dem Jahr 1959. Des Weiteren argumentieren die Wiener Netze damit, dass die gesetzlichen Grenzwerte eingehalten und die neuen Leiterseile leiser und durch eine bessere Spannung einen größeren Abstand zum Boden haben werden (Gruber, 2014, S. 18).

Daher können aus rechtlichen Gründen nach mehr als 60 Jahren die Netzbetreiber einer Freileitung im sensiblen Bereich nicht einfach zum Einsatz von Erdkabeln gezwungen werden. Somit besteht im Umgang von bereits bestehenden Leitungen Handlungsbedarf in der Gesetzeslage.

Es könnte beispielsweise darüber nachgedacht werden, dass sich Freileitungen nach einer bestimmten Nutzungsdauer erneut einer Prüfung unterziehen sollten. Es muss ja kein gänzlich neues UVP-Verfahren angewendet werden, jedoch die technischen Alternativen mit geringeren externen Effekten für die Anrainer könnten geprüft werden.

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der ökonomischen Bewertung der Veränderung des Landschaftsbildes durch Hochspannungsleitungen. Im Grunde wird dabei die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes einer Teil-Erdverkabelung als Alternative zur Freileitung bewertet. Zusammenfassend weisen Erdkabeln in zweierlei Hinsicht geringere externe Effekte auf als Freileitungen. Sie stellen eine geringere Beeinträchtigung für das Landschaftsbild dar und vermeiden langwierige Genehmigungsverfahren in der Leitungsplanung.

Das Hauptaugenmerk der Arbeit wird auf eine mögliche Erdverkabelung in der Gemeinde St. Anton am Arlberg gelegt. In zwei Szenarien ist das Landschaftsbild von St. Anton am Arlberg, welches durch drei Freileitungen geprägt ist, verändert worden. Zum einen wurde eine Teil-Erdverkabelung (Verbleib einer Freileitung) angedacht, zum anderen eine vollständige Erdverkabelung aller drei bestehenden Freileitungen.

Anhand einer Erhebung der Zahlungsbereitschaft der Gäste sowie der Konsumentenrente der Reisehäufigkeit in Abhängigkeit von den Szenarien wird festgestellt, wie hoch die monetäre Bewertung des veränderten Landschaftsbildes durch die befragten Gäste ist. Auf der Basis der Kontingenten Bewertungsmethode sowie der Konsumentenrente aus tatsächlicher und hypothetischer Reisehäufigkeit wurden im April 2014 die Daten anhand von 140 Besuchern in St. Anton am Arlberg erhoben. Insgesamt sind für eine vollständige Erdverkabelung fast 60 Prozent der befragten Gäste bereit mehr Geld für ihren Urlaub auszugeben, hingegen für die Teil-Erdverkabelung sind nur knapp mehr als ein Drittel zahlungsbereit. Anhand dieser Analyse und im Vergleich zum derzeitigen Landschaftsbild ergibt sich eine klare Präferenz für die vollständige Erdverkabelung. Allerdings ist bei diesem Ergebnis auch ein mäßig starkes Trittbrettverhalten zu erkennen, denn 40 Prozent der Gäste, welchen die vollständige Erdverkabelung am besten gefällt, sind nicht bereit dafür zu zahlen.

Erfreulich für die vom Tourismus abhängige Gemeinde ist die Erkenntnis, dass die Besuchshäufigkeit für die nächsten 5 Jahre bei der vollständigen Erdverkabelung im Vergleich zu den letzten 5 Jahren mit knapp 10 Prozent zunimmt.

Eine Erdverkabelung kann daher aus ökonomischer Sicht nur schwer begründet werden, da die Kosten die mittels Zahlungsbereitschaft sowie Konsumentenrente gemessenen Nutzeneffekte einer von den Befragten mehrheitlich präferierten Erdverkabelung übersteigen.

Grundsätzlich kann durch den Einsatz von Erdkabeln in siedlungsnahen Bereichen die Akzeptanz in der Bevölkerung gesteigert werden und in weiterer Folge die durch den energiewendebedingten Ausbau der Stromübertragungsnetze entstehenden Proteste klein gehalten werden.

Allerdings ist eine Finanzierung der Teil-Erdverkabelung alleine durch die Stromnetzbetreiber nicht möglich und daher bedarf es einer Zuzahlung bei den Investitionskosten, um Leitungsbauprojekte in sensiblen Gebieten mit einer Teil-Erdverkabelung zu realisieren.

Quellenverzeichnis

- Althaus, M. (2012), Schnelle Energiewende – bedroht durch Wutbürger und Umweltverbände? Protest, Beteiligung und politisches Risikopotenzial für Großprojekte im Kraftwerk- und Netzausbau, In: Technische Hochschule Wildau (FH) (Hrsg.), Wissenschaftliche Beiträge 2012.
- Auinger, T., Kaindl, A. (2014), 380-kV-Leitung: Anrainer bangen um Tourismus, In: Salzburger Nachrichten, 30.Mai 2014, <http://www.salzburg.com/nachrichten/salzburg/chronik/sn/artikel/380-kv-leitung-anrainer-bangen-um-tourismus-108705/>, Juni 2014.
- APG - Austrian Power Grid AG (2004) Umweltverträglichkeitsgutachten gemäß § 12 UVP-G 2000 im Auftrag der Ämter der Steiermärkischen Landesregierung und der Burgenländischen Landesregierung, 380 kV-Leitung Südburgenland – Kainachtal (Steiermarkleitung), Graz.
- APG, Austrian Power Grid AG (2011a), APG ab 2012 Regelzonenführer für ganz Österreich, <http://www.apg.at/de/news/aktuelles/2011/12/22/VKW>, Mai 2014.
- APG, Austrian Power Grid AG (2011b), Nachhaltigkeitsbericht 2011, Wien.
- APG, Austrian Power Grid AG (2013a), Netzentwicklungsplan 2012, Regelzone APG, Planungszeitraum 2013-2022, Wien.
- APG -Austrian Power Grid AG (2013b), Umweltverträglichkeitserklärung, 380-kV-Salzburgleitung Netzknoten St. Peter – Netzknoten Tauern, Vorhabensbeschreibung.
- APG- Austrian Power Grid AG (2014), Die Salzburgleitung wird geprüft - die nächsten Schritte, <http://www.apg.at/de/projekte/380-kv-salzburgleitung/pruefung>, Juni 2014.
- Asfinag (2014), S16 Sanierung und Errichtung Flucht- und Rettungswege Arlberg Straßentunnel, Aktuelle Projekte, http://www.asfinag.at/unterwegs/bauprojekte/tirol/-/asset_publisher/1_47158/content/s-16-sanierung-und-errichtung-flucht-und-rettungswege-arlberg-strassentunnel?p_o_p_id=56_INSTANCE_XlyOhB4MM3OK, August 2014.
- Beer, D., Brandenbrug, K., Brix, S. (2005), Analyse und Ausarbeitung von Vorschlägen hinsichtlich der Schallbelastung bei Hochspannungsfreileitungen, Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT, Ilmenau.
- Beyer, G., Menges, R. (2013), Energiewende und Übertragungsnetzausbau: Sind Erdkabel ein Instrument zur Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz des Leitungsbaus? Eine empirische Untersuchung auf Basis der Kontingenten Bewertungsmethode, In: Zeitschrift für Energiewirtschaft, Springer Fachmedien Wiesbaden, Dez. 2013, Volume 37, Issue 4. S. 277-295.
- Brakelmann, H., Carstensen, H., Dongping Zhang, R., Geiger, S., Grotlüschen, H., Herden, C., Jensen, M., Magnussen, M., Rasmus, J., Stammen, J. (2009), Naturschutzfachliche Analyse von küstennahen Stromleitungen, FuE-Vorhaben FKZ 806 82 070, Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH, Universität Duisburg-Essen, Gesellschaft für Energie und Ökologie mbH, Endbericht.

- Brakelmann, H. (2004), Studie: Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel ?, Auftraggeber: Bundesverband WindEnergie, Rheinberg.
- Brakelmann, H., Jarass, L. (2012), Wissenschaftliches Gutachten zur Erdkabellösung Quickborn, 380-kV-Teilverkabelung in einem sensiblen Siedlungsbereich: technische und wirtschaftliche Möglichkeiten, Wiesbaden.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2014a), Was sind elektromagnetische Felder?, http://www.bfs.de/de/elektro/einfuehrung_EMF.html, August 2014.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2014b), Strahlenthemen, Elektromagnetische Felder im Haushalt, http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/broschueren/elektromagnetische_felder/stromversorgung_haushalt/STTH_Elektromagnetische_Felder_im_Hausalt.pdf, August 2014.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2014c), Rechtliche Regelungen und Grenzwerte für den niederfrequenten Frequenzbereich im europäischen Vergleich, http://www.bfs.de/de/elektro/netzausbau/schutz/Grenzwerte_Europa.html/printversion, Jänner 2014.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2014d), Wissenschaftlich diskutierte biologische und gesundheitliche Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder, http://www.bfs.de/de/elektro/nff/wirkungen/Diskutierte_Wirkungen_NF.html, August 2014.
- Buresch, P., Herbst, P., Mölk, M., Volk, G. (2013), Umweltverträglichkeitserklärung 380-kV-Salzburgleitung, Netzknoten St. Peter – Netzknoten Tauern, Fachbereich: Naturgefahren, Auftraggeber: Austrian Power Grid AG und Salzburg Netz GmbH.
- Busch, R. (2008), Elektrotechnik und Elektronik für Maschinenbauer und Verfahrenstechniker, Vieweg+Teubner Verlag | GWV Fachverlage GmbH, 5. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden.
- Sims, S. (2002), The Effect of Public Perception on Residential Property Values in Close Proximity to Electricity Distribution Equipment: A case study in the UK currently in progress, Oxford.
- Dänekas, C., Mayer, C. (2013), Smart Grids – die Bedeutung der Informatik für die zukünftige Energieversorgung, In: Informatik Spektrum, Volume 36, Issue 1, Springer Verlag.
- Der Standard (2012), Stromnetze und -speicher müssen ausgebaut werden, Artikel vom 25.04.2012, <http://derstandard.at/1334132373756/Stromnetze-und--speicher-muessen-ausgebaut-werden>, Dezember 2013.
- Deutscher Bundestag (2011) Dreizehntes Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes, 31.Juli 2011, In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. 43. ausgegeben zu Bonn am 5. August 2011.
- Elliott, P., Han, J. H. (2014), Impact of High Voltage Overhead Transmission Lines on Property Value, <http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/cib/w101/pdf/mtg/1305brisbane/session01.pdf>, April 2014.
- ENTSO-E, European Network of Transmission System Operators for Electricity (2012), 10-Year Network Development Plan 2012, Brussels.

- ENTSO-E, European Network of Transmission System Operators for Electricity, Europacable (2010), Joint paper: Feasibility and technical aspects of partial undergrounding of extra high voltage power transmission lines, Brussels.
- EU Ratsempfehlung (1999/519/EG), Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz — 300 GHz)
- Europäische Kommission (2011), Energiefahrplan 2050, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Brüssel.
- Europäische Kommission (2009), 1. Einleitung: Elektromagnetische Felder, Public Health, http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/de/elektromagnetische-felder/index.htm#1, August 2014.
- Fischhoff, B., Furby, L., Gregory, R., Slovic P., (1988), Public perceptions of electric power transmission lines, In: Journal of Environmental Psychology, Eugene Research Institute, Oregon.
- Forum Netzintegration (2012), Himmel und Erde - Freileitungen und Erdkabel, Berlin, http://www.forum-netzintegration.de/uploads/media/DUH_Factsheet_Erdkabel-oder-Freileitung_03.pdf, Mai 2014.
- Gäthke, S. (2011), Tunnel für die Windkraft, Neue Stromautobahnen für die Energiewende, Deutschlandfunk, http://www.deutschlandfunk.de/tunnel-fuer-die-windkraft.676.de.html?dram:article_id=28410, März 2014.
- Gemeinde Empersdorf (Hrsg.) (2009), 380 kV-Starkstromleitung, Die Würfel sind gefallen!, In: Informationsblatt für die Bevölkerung der Gemeinde Empersdorf, Ausgabe 195.
- Gerlach, L. P. (2004), Public Reaction to Electricity Transmission Lines, In: Encyclopedia of Energy, Volume 5., Elsevier.
- Grotenhermen, F. (2005), Kinderleukämie und Hochspannungsleitungen, In: Strahlentelex mit Elektrosmog Report, Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit, 11. Jahrgang/Nr.7.
- Gruber, P. (2014), Hochspannung wegen Leitung über 106 Wohnhäusern, In: Kurier -Unabhängige Tageszeitung für Österreich, Ausgabe vom 2. August 2014.
- Hackl, F. (1997), Contingent Valuation als Instrument zur ökonomischen Bewertung der Landschaft, Peter Lang-Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main.
- Heiland, S., Wojtkiewicz, W. (2012), Landschaftsverständnisse in der Landschaftsplanung. Eine semantische Analyse der Verwendung des Wortes „Landschaft“ in kommunalen Landschaftsplänen, In: Raumforschung und Raumordnung (Hrsg.), Springer Verlag, Nr.70, S. 133-145
- Heutschi, K. (2010), Untersuchungsbericht Nr. 452'574, int. 561.2436, EMPA-Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Abteilung Akustik, Dübendorf.

- Hoffmann, M., Noack, F. (2007), Machbarkeitsstudie 380 kV - Kabel für Salzburg, Kurzzusammenfassung der Ergebnisse, Graz/Ilmenau, <http://www.berndorf.salzburg.at/gemeindeamt/html/Pr%20sentationKabelstudie2007neu.pdf>, Jänner 2014.
- Hofmann, L., Rathke, C. (2011), Ökologische Auswirkungen von 380-kV-Erdleitungen und HGÜ-Erdleitungen, Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe Technik/Ökonomie, Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik, Fachgebiet Elektrische Energieversorgung, Hannover.
- Hofmann, L., Oswald, B.R. (2010), Gutachten zum Vergleich Erdkabel – Freileitung im 110-kV-Hochspannungsbereich im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Europaangelegenheiten des Bundeslandes Brandenburg, Potsdam, Leibniz Universität Hannover.
- Hofmann, L., Oswald, B.R. (2011), Gutachten zum wirtschaftlichen Vergleich von Kabeln, Freileitungen und Freileitungen mit Zwischenverkabelung im 110-kV-Hochspannungsbereich, Im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Europaangelegenheiten des Bundeslandes Brandenburg, Potsdam, Leibniz Universität Hannover.
- ICNIRP - Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (2010), Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz), In: Health Physics 99(6).
- Jackson, T.O., Pitts, J.M. (2007), Power Lines and Property Values Revisited, Environment and the Appraiser, The Appraisal Journal, S. 323-325.
- Jackson, T. (2010), Electric Transmission lines: Is there an impact on rural land values?, In: Right of Way, November/December.
- Kirschner, M., Lugschitz, H., Panosch, W. (2007), Freileitungen - Vorschriftenlage, Leitungsplanung, technische Neuerungen, In: Elektrotechnik & Informationstechnik, Österreichischer Verband für Elektrotechnik (Hrsg.), Heft 3/2007.
- Kleine Zeitung (2012), Hochwasser und Muren verwüsteten Teile der Steiermark, Artikel vom 22.07.2012, <http://www.kleinezeitung.at/steiermark/liezen/3073364/hochwasser-muren-verwuesteten-teile-steiermark.story>, August 2014.
- Klöppel, D., Krause, C. (1996), Windparks in der Erholungslandschaft: Standortprobleme unter dem Aspekt von Landschaftsbild und Erholungsqualität. Sankt Augustin.
- Knoll, T., Rittsteuer, V. (2004), Bewertung des Landschaftsbildes von Windenergieanlagen anhand des Beispiels Niederösterreich, DI Thomas Knoll - Ingenieurkonsulent für Landschaftsplanung, Wien.
- Krämer, M., Oswald, B.R. (2006), Gutachten zur Bewertung einer alternativen Verkabelung der geplanten 110-kV-Hochspannungsfreileitungen Baumstraße-Lüstringen und Pkt. Belm-Powe, Auftraggeber: RWE Transportnetz Strom GmbH, Hannover.

- Layr, P. (2007), Einfluss von Naturkatastrophen auf die Netze, In: Elektrotechnik & Informationstechnik, Springer-Verlag, Nr. 124/9, S.292–293.
- Leitgeb, N. (2013), Umweltverträglichkeitserklärung, 380-kV-Salzburgleitung, Netzknoten St. Peter – Netzknoten Tauern, APG, Salzburg Netz.
- Lugschitz, H. (1998), Freileitungen in der Landschaft, In: Fach Journal, Nr. 7-8.
- Mayerl, J., Urban, D. (2011), Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung. 4. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Meister, P., Rottgardt, E., Runge, K., Wachter, T. (2011), "Ökologische Auswirkungen von 380-kV Erdleitungen und HGÜ-Erdleitungen", Bericht der Arbeitsgruppe "Umwelt", OECOS GmbH, Hamburg.
- Neitzke, H.P. (2012), Magnetische Felder an Hochspannungstrassen, Ergebnisse von Messungen und Berechnungen, Maßnahmen zur Verminderung von Expositionen, ECOLOG-Institut, Hannover. http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/fachgesprach_stromleitungsnetze_neitzke.pdf, Jänner 2014.
- Neitzke, H.P., Voigt, H. (2011), Elektrische und magnetische Felder an Hochspannungstrassen, In: EMF Spectrum | Schwerpunktthema Niederfrequente Felder, Ausgabe 3/2011.
- Neitzke, H.P., Voigt, H. (2012), Übertragung elektrischer Energie: Technische Möglichkeiten und Risiken für Mensch und Umwelt, In: EMF Monitor, Elektromagnetische Felder, Umwelt und Gesundheit, 18. Jahrgang, Nr.1+2, April 2012.
- Neuling, E. (2012), Neue Stromnetze und Naturschutz, Auswirkungen von Stromtrassen auf die Natur, Vortrag am deutschen Naturschutztag am 20.09.2012, Erfurt.
- Niedersächsischer Landkreistag (Hrsg.) (2011), Hochspannungsleitungen und Naturschutz, Hinweise zur Anwendung der Eingriffsregelung beim Bau von Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen und Erdkabeln, Hannover.
- Nohl, W. (1993), Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe, Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsermittlung, Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Oesterreichs Energie (Hrsg.) (2014), Zeit zum Handeln, Der Aktionsplan von Österreichs Energie, Die Interessenvertretung der österreichischen E-Wirtschaft, Wien, http://oesterreichsenergie.at/ueber-uns/oesterreichs-energie/der-aktionsplan-von-oesterreichs-energie.html?file=files/oesterreichsenergie.at/Downloads%20Publikationen/Aktionsplan_kl.pdf, Juni 2014.
- Oswald, B.R. (2005), Vergleichende Studie zu Stromübertragungstechniken im Höchstspannungsnetz, Technische, betriebswirtschaftliche und umweltfachliche Beurteilung von Freileitung, VPE-Kabel und GIL am Beispiel der 380-kV-Trasse Ganderkesee - St.Hülfe, ForWind - Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg und Hannover.

- Oswald, B. R. (2007a), 380-kV-Salzburgleitung, Auswirkungen der möglichen (Teil)Verkabelung des Abschnittes Tauern-Salzach neu, Gutachten im Auftrag von Energie-Control GmbH Wien, Universität Hannover.
- Oswald, B. R. (2007b), Verlust- und Verlustenergieabschätzung für das 380-kV-Leitungsbauvorhaben Wahle – Mecklar in der Ausführung als Freileitung oder Drehstromkabelsystem, Universität Hannover.
- ÖAL 3/1 (2008), Beurteilung von Schallimmissionen im Nachbarschaftsbereich, ÖAL-Richtlinie Nr. 3 Blatt 1, ÖAL- Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung, Wien
- ÖNORM S 5021 (2010), Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung.
- ÖVE/ÖNORM E 8850 (2006), Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz - Beschränkung der Exposition von Personen.
- ÖVE - Österreichischer Verband für Elektrotechnik (Hrsg.) (2002), ÖNORM - EN 50341, Freileitungen über AC 45 kV, Wien.
- Pierobon, J.R. (1995), New Transmission Lines: The Challenge, In: Public Utilities Fortnightly, Nr.133, 6.
- Proksch, T. (2014), Einblicke in die Begutachtungspraxis - Das Landschaftsbild in der Umweltverträglichkeitserklärung, Tagungsbeitrag Was ist schiach?.
<http://www.skiaudit.info/media/files/landschaftsbildtagung/proksch.pdf>, Juli 2014.
- Pruckner, G. J. (1995), Der kontingente Bewertungsansatz zur Messung von Umweltgütern, Stand der Debatte und umweltpolitische Einsatzmöglichkeiten.
<http://www.econ.jku.at/members/pruckner/files/papers/cvmgerm.pdf>. August 2014.
- Ricica, K. (1994), Beurteilung von Eingriffen in die Landschaft: Die Landschaftsgestalt als Grundlage für die Interpretation des Landschaftsbildes und die Beurteilung des Landschaftshaushaltes, Wien.
- Rief, N. (2010), Hochspannungsleitun: Über 410 Masten in die Dose, In: Die Presse, Artikel vom 25.07.2010,
http://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/583381/Hochspannungsleitung_Ueber-410-Masten-in-die-Dose, Jänner 2014.
- RVS (2010), Entscheidungshilfen, Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen RVS 02.01.22, Version: 10.03.2010.
- Sakulin, M., Schaffer, W. (1999), Zuverlässigkeitsanalyse elektrischer Energieübertragungsnetze, Springer-Verlag. In: e&i Elektrotechnik und Informationstechnik, May 1999, Volume 116, Issue 5.
- Schläpfer, F., Zweifel, P. (2008), Nutzenmessung bei öffentlichen Gütern: Konzeptionelle und empirische Probleme in der Praxis, Wirtschaftsdienst, Volume 88, Issue 3, S. 210-216.

- Schneider, J. (2001), Die ökonomische Bewertung von Umweltprojekten, Zur Kritik an einer umfassenden Umweltbewertung mit Hilfe der Kontingenten Evaluierungsmethode, Physica-Verlag Heidelberg.
- Schüssler, R. (1993), Die externen Kosten der Übertragung und Verteilung von Elektrizität, Teilstudie zum Gesamtvorhaben: Externalitäten der Wärme- und Stromversorgung und Ermittlung von Energiepreiszuschlägen, Prognos, Basel.
- Sims, S. (2002), The Effect of Public Perception on Residential Property Values in Close Proximity to Electricity Distribution Equipment: A case study in the UK currently in progress, Oxford.
- Statistik Austria (2013), Bevölkerung nach Gemeinden am 1.1.2013, S.47. Jänner 2014.
- Statistik Austria (2014), Ankünfte, Übernachtungen bzw. Betriebe und Betten in allen Berichtsgemeinden in der Winter- und Sommersaison 2013, Tabelle 30., Jänner 2014.
- Swissgrid (Hrsg.) (2013), Grundlagen kurz erklärt, Grundlagen aus der Elektrotechnik, Swissgrid AG, Frick, Schweiz, https://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/grundlagen_elektrotechnik_de.pdf, Mai 2014.
- THW - Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (2014), Katastropheneinsatz in Slowenien, In: Südkurier, Artikel vom 12.02.2014, <http://www.suedkurier.de/region/kreis-konstanz/singen/Katastropheneinsatz-in-Slowenien;art372458,6691354>, Februar 2014.
- Tietz, H. (2006), Systeme der Ver- und Entsorgung, Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Trautmann, G. (2014), Katastropheneinsatz in Slowenien, In: Südkurier, Artikel vom 12.02.2014, <http://www.suedkurier.de/region/kreis-konstanz/singen/Katastropheneinsatz-in-Slowenien;art372458,6691354>, Februar 2014.
- Umweltbundesamt (2014), Schalldruckpegel, energieäquivalenter Dauerschallpegel und Lärmindizes, Wahrnehmung von Schallpegelunterschieden, <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/laerm/schalldruckpegel>, August 2014.
- UVEK - Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (2013), Handbuch zum Bewertungsschema Übertragungsleitungen, Verabschiedet durch die Arbeitsgruppe Bewertungsschema.
- Wiener Riesenrad (2014), Technik im Detail, <http://www.wienerriesenrad.com/de/technische-daten>, Jänner 2014.
- Wikipedia (2014a), Millennium Tower (Wien), [http://de.wikipedia.org/wiki/Millennium_Tower_\(Wien\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Millennium_Tower_(Wien)), Jänner 2014.
- Wikipedia (2014b), Arlberg Straßentunnel, http://de.wikipedia.org/wiki/Arlberg_Stra%C3%9Fentunnel, August 2014.
- WHO, World Health Organization (1999), Guidelines for Community Noise, London.

WHO, World Health Organization (2014), Was sind elektromagnetische Felder?, Gesundheitliche Wirkungen im Überblick, <http://www.who.int/peh-emf/about/en/whatareemfgerman.pdf>, August 2014.

Wölfle, R.D. (2014), Übersicht zu niederfrequenten Feldern, Grundlagen, Elektromog, <http://www.ralf-woelfle.de/elektromog/redirect.htm?http://www.ralf-woelfle.de/elektromog/technik/nf.htm>, August 2014.

Gesetzestexte

Alpenkonvention - Protokoll "Naturschutz und Landschaftspflege" 2002, Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Naturschutz und Landschaftspflege. BGBl. III Nr. 236/2002 idF BGBl. III Nr. 113/2005.

EIWOG 2010, Elektrizitätswirtschafts- und –organisationsgesetz 2010, Bundesgesetz, mit dem die Organisation auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft neu geregelt wird, BGBl. I Nr. 110/2010.

EnLAG 2009 - Energieleitungsausbaugesetz, Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen, BGBl. I S. 2870 vom 21. August 2009 idF BGBl. I S. 2543 vom 23. Juli 2013. (Gesetz der Bundesrepublik Deutschland).

EnWG 2005, Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung, Energiewirtschaftsgesetz 2005, BGBl. I S. 1970, 3621 vom 7. Juli 2005 idF BGBl. I S. 1066 vom 21. Juli 2014. (Gesetz der Bundesrepublik Deutschland).

Kärntner Elektrizitätsgesetz - K-EG, Gesetz vom 1. Juli 1969 über elektrische Leitungs- und Stromerzeugungsanlagen, LGBl Nr. 47/1969 idF LGBl Nr. 85/2013.

NÖ NSchG 2000, Niederösterreichisches Naturschutzgesetz 2000, LGBl. 5500, idF 2013/11.

Salzburger LEG 1999, Salzburger Landeselektrizitätsgesetz 1999 - LEG, LGBl. Nr. 75/1999 idF LGBl. Nr. 32/2013.

Salzburger ROG 2009, Salzburger Raumordnungsgesetz 2009, LGBl. Nr. 30/2009 idF LGBl. Nr. 106/2013.

Starkstromwegegesetz 1968, Bundesgesetz vom 6. Feber 1968 über elektrische Leitungsanlagen, die sich auf zwei oder mehrere Bundesländer erstrecken, BGBl. Nr. 70/1968 idF BGBl. I Nr. 112/2003.

UVP-G 2000, Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000, Bundesgesetz über die Prüfung der Umweltverträglichkeit, BGBl. I Nr. 89/2000 idF BGBl. I Nr. 14/2014.

VwGH, 1996, Verwaltungsgerichtshof Rechtssätze und Texte, GZ. 91/10/0119, http://www.ris.bka.gv.at/VwghRechtssatzkette.wxe?Abfrage=Vwgh&Dokumentnummer=JWR_1996100077_19970317X03&ShowPrintPreview=True, Juli 2014.

Auskünfte

Lugschitz, H. (2014), Auskunft über die technischen Möglichkeiten einer Erdverkabelung einer 380-kV Leitung in St. Anton am Arlberg, persönliches Gespräch vom 07.03.2014.

Mall, H. (2014), Auskunft des Bürgermeisters von St. Anton am Arlberg über eine mögliche Erdverkabelung der Hochspannungsleitungen im Ortsgebiet, persönlicher Schriftverkehr vom 06.03.2014.

Urlaubsgäste in St. Anton am Arlberg (2014), Auskünfte über das Landschaftsbild in Bezug auf die Hochspannungsleitungen im Zuge der Durchführung des quantitativen Fragebogens, Bifang-Alm, Rosannaweg 4, St. Anton am Arlberg 6580, persönliches Gespräch am 17.04.2014.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bestandteile der Elektrizitätsinfrastruktur	11
Abbildung 2: Bestandteile eines Freileitungsmasten.....	13
Abbildung 3: Freileitungen mit verschiedener Netzspannungen im Größenvergleich.....	13
Abbildung 4: Bewertungskriterien für Stromleitungen.....	15
Abbildung 5: Landschaftsbildbewertung nach Nohl	21
Abbildung 6: Tonnenmast, Donaumast, Einebenenmast und Doppelrohrmast (von links nach rechts)	23
Abbildung 7: Berechnung des Magnetfelds in 1m Höhe an einer 380-kV Freileitungstrasse.....	28
Abbildung 8: Querprofil des Schalldruckpegels im offenen Fenster für eine typische 380-kV Zweierbündelleitung mit zwei Systemen	34
Abbildung 9: Regenabhängigkeit der Schallimmissionen einer Hochspannungsfreileitung.....	35
Abbildung 10: Umgeknickte Strommasten durch Eisregen und Schnee in Slowenien	36
Abbildung 11: Querschnitt einer Hochspannungsleitung durch eine Waldschneise.....	38
Abbildung 12: Typische Waldschneise einer Hochspannungsleitung.....	39
Abbildung 13: Status Quo, aktuelles Landschaftsbild	49
Abbildung 14: Szenario 1, Teil-Erdverkabelung	50
Abbildung 15: Szenario 2, vollständige Erdverkabelung.....	50
Abbildung 16: Stellenwert gewisser Kriterien bei der Auswahl des Winterurlaubsorts.....	52
Abbildung 17: Wie gut fühlen sich die Gäste über die Hochspannungsleitungen und deren Auswirkungen informiert?	54
Abbildung 18: War den Gästen bereits bei der Buchung des Urlaubes in St. Anton klar, dass sie vor Ort Hochspannungsleitungen erwarten?.....	55
Abbildung 19: Störfaktor der Freileitungen in St. Anton	55
Abbildung 20: Was wird von den Gästen bei den Freileitungen insbesondere als störend empfunden?	56
Abbildung 21: Welches Bild gefällt ihnen am besten?.....	57
Abbildung 22: Verbleibende Störwirkung der Liftanlage bei Szenario 2 (vollständige Erdverkabelung)	57
Abbildung 23: Parameter 1 zur Landschaftsbildanalyse - Natürlichkeit, Naturnähe.....	58
Abbildung 24: Parameter 2 zur Landschaftsbildanalyse - Vielfalt des Landschaftsbildes	58
Abbildung 25: Parameter 3 zur Landschaftsbildanalyse - Flächenverbrauch	59
Abbildung 26: Parameter 4 zur Landschaftsbildanalyse - Freie Sicht auf die verschiedenen Landschaftselemente	60

Abbildung 27: Parameter 5 zur Landschaftsbildanalyse - Einzigartigkeit, Wiedererkennbarkeit der Landschaft	60
Abbildung 28: Veränderung der Aufenthalte der Gäste für die kommenden 5 Jahre bei Szenario 1 und 2.....	62
Abbildung 29: Bereitschaft der Gäste für die Einzahlung in den zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds.....	64
Abbildung 30: Zahlungsbereitschaft (WTP) der Gäste für Szenario 1 und 2.....	65
Abbildung 31: Gründe der Gäste nicht in den zweckgebundenen Erdverkabelungsfonds einzuzahlen	66
Abbildung 32: Zusammenhang zwischen der Zahlungsbereitschaft (WTP Szenario 1 & 2) und dem Nettoeinkommen	69
Abbildung 33: Aufbau eines 380-kV VPE Einleiterkabels	76
Abbildung 34: Gabenprofil für 4 Kabelsysteme in der Einebenenordnung (Maße in Meter).....	77
Abbildung 35: Kabelverlegung mit der Phase-Splitting Anordnung im Rohr mit je zwei Kühlrohren (Innendurchmesser 1,2m, Außendurchmesser 1,6m)	78
Abbildung 36: Begehbarer Leitungsgang, zwei Leitungsgänge (\emptyset je ca. 2,2 m) mit je zwei Kabelsystemen (links), ein Leitungsgang (\emptyset ca. 3,5 m) mit vier Kabelsystemen (rechts)	78
Abbildung 37: Magnetische Flussdichte bei thermischer Grenzleistung (2x 1500 MVA) der geplanten 380 kV-Salzburgleitung im Vergleich mit einer möglichen Erdverkabelungsvariante ...	80
Abbildung 38: Abschnitt 1 der Erdverkabelung (sanft hügelige Oberfläche, Infrastrukturkanal)	86
Abbildung 39: Abschnitt 2 der Erdverkabelung (gebirgiges Gelände, Tunnel)	86
Abbildung 40: Infrastrukturkanal	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grenzwerte/Richtwerte für elektrische und magnetische Felder bei einer Frequenz von 50 Hertz für ausgewählte Länder in Europa	27
Tabelle 2: Elektrische und magnetische Immissionen an 380-kV, 220-kV und 110-V Freileitungstrassen (in 1 m Höhe über dem Erdboden)	29
Tabelle 3: Wirkung der im menschlichen Körper erzeugten elektrischen Felder	30
Tabelle 4: Lärm - Immissionsgrenzwerte in Dezibel [dB] im Freien	33
Tabelle 5: Raumanspruch von Freileitungen mit Höchstspannung	37
Tabelle 6: Abnehmender Wertverlust der Liegenschaften aufgrund zunehmender Entfernung von Hochspannungsleitungen	42
Tabelle 7: Anreise nach St. Anton in Stunden, Kilometern und nach Verkehrsmittel	53
Tabelle 8: Durchschnittliche Aufenthalte der Gäste in den letzten und kommenden 5 Jahren im Vergleich und Nächtigungen.....	61
Tabelle 9: Analyse der Besuchshäufigkeit in Abhängigkeit des Reiseaufwands (Anreise in km und h) anhand der Korrelationskoeffizienten.....	63
Tabelle 10: Trittbrettfahrerverhalten der Gäste im Vergleich zwischen Szenario 1 und 2.....	64
Tabelle 11: Veränderung der bisherigen Aufenthaltsdauer der Gäste bei Szenario 1 und 2	67
Tabelle 12: Korrelationen verschiedener Variablen des Fragebogens	68
Tabelle 13: Erläuterung der unabhängigen Variablen (Regressoren) für beide abhängigen Variablen	70
Tabelle 14: Regressionsmodell mit der Besuchshäufigkeit als abhängige Variable.....	71
Tabelle 15: Regressionsmodell mit der logarithmierten Zahlungsbereitschaft Log(WTP) als abhängige Variable.....	72
Tabelle 16: Nächtigungen von St. Anton, durchschnittliche Zahlungsbereitschaft und Konsumentenrente nach Aufenthalt und Nächtigungen, monetarisierter Nutzen aus dem Erdverkabelungsfonds und der Reisefrequenz.....	74
Tabelle 17: Magnetische Feldstärke bei Vollast im Normalbetrieb und Investitionskosten pro Meter für die unterschiedlichen Erdkabelausführungen	79
Tabelle 18: Übersicht über eine Auswahl realisierter VPE-Erdverkabelungsprojekte mit Höchstspannung von 400-kV in Europa.....	83
Tabelle 19: Übersicht über die Leitungslänge und die Investitionskosten für die Erdverkabelung der 380-kV Leitung und 110-kV Leitungen.....	89
Tabelle 20: Verlustkosten über 40 Jahre kapitalisiert für die Gesamtstrecke der Verkabelung	90
Tabelle 21: Vergleich der Investitionskosten und dem kumulierten Nutzen im Jahr 2054 für Szenario 2	91

Anhang

Im Anhang befindet sich der Fragebogen, der in St. Anton am Arlberg zur Befragung der Gäste am 16. und 17. April 2014 verwendet wurde.

Hochspannungsleitungen dienen der Elektrizitätsübertragung und übersäen oftmals das Landschaftsbild der großen Täler in den Alpen. In St. Anton führen gleich 3 verschiedene Freileitungen mit unterschiedlicher Netzspannung über die Hotels, Hütten und Skipisten. Diese Leitungen bestehen seit den 70er Jahren und überragen mit einer Höhe bis zu 60m Häuser und Liftanlagen.

Im Rahmen meiner Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien untersuche ich die Werthaltung der Gäste gegenüber dem Landschaftsbild im Bezug auf die Hochspannungsleitungen in St. Anton am Arlberg.

Ich bitte Sie um Ihre persönliche Meinung und Ihre Unterstützung. Alle Aussagen und Daten, die in dieser Umfrage von Ihnen gemacht werden, werden streng vertraulich und anonymisiert behandelt und dienen ausschließlichen wissenschaftlichen Zwecken. Das Ausfüllen des Fragebogens nimmt ca. 15 Minuten in Anspruch. Vielen Dank.

1. Welche Art von Urlaub bevorzugen Sie?

- Sommerurlaub
- Winterurlaub
- keine Präferenz

2. Wie viel Zeit verbringen Sie durchschnittlich im Jahr auf Urlaub?

- ein paar Tage
- 1 Woche
- 2 Wochen
- 3 Wochen

3. Wie wichtig sind Ihnen folgende Kriterien bei der Auswahl Ihres Winterurlaubsorts?

	wichtig	eher wichtig	eher unwichtig	unwichtig
Hoch alpine Landschaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ortskern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Landschaftsbild	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Touristische Angebot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verkehrsanbindung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anzahl der Liftanlagen & Länge der Abfahrten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abgeschiedenheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Offene Landschaft mit Fernblick	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Wie oft haben Sie bereits in St. Anton Ihren Winterurlaub innerhalb der letzten 5 Jahre verbracht? (inklusive dem derzeitigen Aufenthalt)

_____ Mal

5. Wie lang haben Sie für die Anreise gebraucht, um von Ihrem Wohnort nach St. Anton zu gelangen?

ca. _____ Stunden

6. Wie weit war Ihre Anreise in etwa ?

ca. _____ Kilometer

7. Welches Verkehrsmittel haben Sie gewählt, um St. Anton zu erreichen?

- PKW
- Bus
- Bahn
- Flugzeug
- andere: _____

8. Wie viele Nächtingen verbringen Sie im Durchschnitt pro Aufenthalt in St.Anton?

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- >13

9. Haben Sie sich bereits vor dieser Befragung jemals mit Hochspannungsleitungen befasst?

- nein
- ja, an meinem dauerhaften Wohnort führt in der Umgebung ebenfalls eine Freileitung vorbei.
- ja, Grund: _____

10. Wie gut fühlen Sie sich über Hochspannungsleitungen und deren Auswirkungen informiert?

sehr gut sehr schlecht

11. Wussten Sie bereits bei der Buchung für Ihren Urlaub in St.Anton, dass Sie diese Hochspannungsleitungen hier vor Ort vorfinden werden?

- nein
- ja, ich wurde auf Bildern im Internet aufmerksam
- ja, mir fiel es bei einem früheren Aufenthalt auf
- ja, Grund: _____

12. Befindet sich Ihre Unterkunft in St.Anton in der Nähe (ca. 100m Entfernung) einer Freileitung?

- ja
- nein
- weiß nicht

13. Diese Freileitungen in St. Anton empfinde ich als...

sehr störend nicht störend

14. Als störend empfinde ich insbesondere ... (Mehrfachnennung möglich)

- die Masten der Freileitungen
- die Leiterseile der Freileitungen
- das Surren der Leitung (Lärm)
- weder noch

Das erste Foto (Status Quo) zeigt das Skigebiet St. Anton knapp oberhalb der Galzig-Bahn Talstation in Richtung Ortsteil Moos. Die weitem beiden Fotos zeigen zwei mögliche Veränderungen des Status Quos. Bitte bewerten Sie die dargestellten veränderten Landschaftsbilder von St. Anton und beantworten Sie die Fragen auf der kommenden Seite. Urteilen Sie nicht nur anhand der Bilder, sondern nehmen Sie sich auch kurz Zeit, um einen Blick auf die Umgebung zu werfen.

St. Anton, Status Quo:

**aktuelles
Landschaftsbild**

bei keiner Veränderung in den nächsten Jahren

-Gestaltung des Landschaftsbildes durch 3 Freileitungen mit unterschiedlichen Spannungsebenen:

- 110 kV Leitung
- 110 kV Leitung
- 380 kV Leitung



St. Anton, Szenario 1:

**Teil -
Erdverkabelung**

-Erdverkabelung der 2 110 kV Freileitungen im gesamten Ortsgebiet von St. Anton

-Verbleib der 380 kV Freileitung

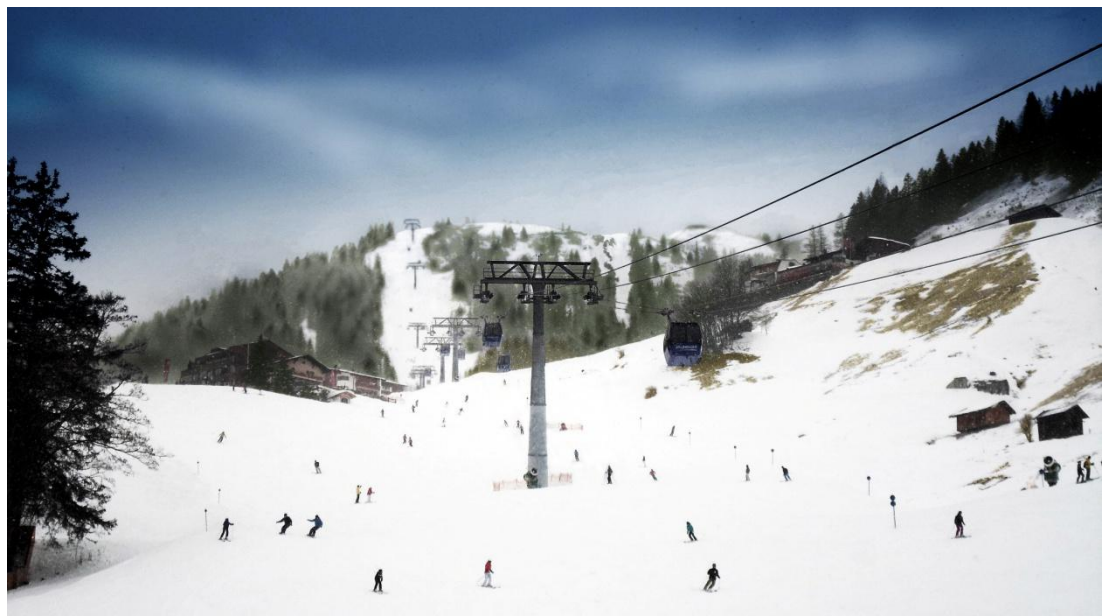


St. Anton, Szenario 2

**vollständige
Erdverkabelung**

-im gesamten Ortsgebiet von St. Anton

-keinen Einfluss auf das Landschaftsbild durch Freileitungen



15. Betrachten Sie alle 3 Fotos auf der vorherigen Seite und bewerten Sie nach Ihrer Meinung die Beeinträchtigung für jedes Foto (Szenario) nach folgenden fünf Kriterien:

Status Quo	Szenario 1 / Teil-Erdverkabelung	Szenario 2 / Erdverkabelung
Natürlichkeit, Naturnähe		
hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering
Vielfalt des Landschaftsbildes		
hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering
Flächenverbrauch		
hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering
Freie Sicht auf die verschiedenen Landschaftselemente		
hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering
Einzigartigkeit, Wiedererkennbarkeit der Landschaft		
hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering	hoch <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gering

16. Welches der drei Bilder bevorzugen Sie am meisten?

- Status Quo
- Szenario 1, Teil-Erdverkabelung
- Szenario 2, Erdverkabelung

17. Wenn Sie **Szenario 1 (Teil-Erdverkabelung)** betrachten, wie oft würden Sie St. Anton in den nächsten 5 Jahren in etwa besuchen?

_____ Mal

18. Wenn Sie **Szenario 2 (Erdverkabelung)** betrachten, wie oft würden Sie St. Anton in den nächsten 5 Jahren in etwa besuchen?

_____ Mal

19. Wie sehr stören Sie bei **Szenario 2 (vollständige Erdverkabelung)** die verbleibenden Stützmasten und Stahlseile der Galzighahn (Gondelbahn)?

sehr störend nicht störend

20. Eine Teil-Erdverkabelung und eine vollständige Erdverkabelung, wie im Szenario 1 und 2, sind mit sehr hohen Investitionskosten verbunden, die nicht allein das Energieunternehmen tragen kann. Daher bedarf es für Szenario 1 und 2 eine zusätzliche Finanzierung.

Wären Sie grundsätzlich bereit für ein Landschaftsbild, welches frei von sichtbaren Hochspannungsleitungen ist, einen finanziellen Beitrag (zweckgebundener Erdverkabelungsfonds z.B: in Form eines Zuschlags auf den Skipass) zu leisten?

- ja, für Szenario 1, Teil-Erdverkabelung
- ja, für Szenario 2, vollständige Erdverkabelung
- nein weiß nicht

21. Wenn Sie hier und jetzt in diesen Erdverkabelungsfonds einzahlen könnten, wie viel wären Sie bereit maximal pro Person für Ihre Aufenthaltsdauer zu bezahlen, um die **Teil-Erdverkabelung - Szenario 1 - realisieren** zu können?

- nichts 5 € 10 € 35 €
- 1 € 6 € 15 € 40 €
- 2 € 7 € 20 € 45 €
- 3 € 8 € 25 € 50 €
- 4 € 9 € 30 € > 50 €

22. Wenn Sie hier und jetzt in diesen Erdverkabelungsfonds einzahlen könnten, wie viel wären Sie bereit maximal pro Person für Ihre Aufenthaltsdauer zu bezahlen, um die **vollständige Erdverkabelung - Szenario 2 - realisieren** zu können?

- nichts 5 € 10 € 35 €
- 1 € 6 € 15 € 40 €
- 2 € 7 € 20 € 45 €
- 3 € 8 € 25 € 50 €
- 4 € 9 € 30 € > 50 €

23. Wenn Sie nicht in den Erdverkabelungsfonds einzahlen möchten, bitte geben Sie Ihre Meinung zu folgenden Statements ab: (Kreuzen Sie die Aussagen an, denen Sie zustimmen)

- Der Skipass, die Unterkunft und die Verpflegung ist bereits teuer genug.
- Das Landschaftsbild bedeutet mir nicht so viel, dass ich dafür zahlen möchte.
- Die Hochspannungsleitungen stören mich nicht.
- Status Quo ist für mich völlig ausreichend.
- Ich hätte gerne die Erdverkabelung, kann mir es jedoch nicht leisten noch mehr zu zahlen.
- Das Landschaftsbild sollte erhalten bleiben, auch wenn niemand persönlich dafür zahlt.

Angaben über Ihre Person:

24. Geschlecht: männlich weiblich

25. Alter: _____ Jahre

26. Nationalität: _____

27. Wohnort: _____

28. höchste Ausbildung:

- Pflichtschule Matura / Abitur
- Lehre Universitäts-/Fachhochschulabschluss

29. Wie viele Personen leben derzeit in Ihrem Haushalt: _____

30. Bitte kreuzen Sie das monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushalts an:

- unter 500 € 1500-2000 € 3000-4000
- 500-1000 € 2000-2500 € 4000-5000
- 1000-1500 € 2500-3000 € über 5000

Vielen Dank, dass Sie sich für das Beantworten der Fragen Zeit genommen haben.