

# MACHBARKEITSSTUDIE 380 kV - KABEL FÜR SALZBURG



**Univ. Lektor DI. Dr. techn. Markus Hoffmann**

Urban Systems Engineering  
Techn. Büro für Raum- und Verkehrsplanung  
Uhlandgasse 11, 8010 Graz  
Tel. +43 (0) 316 / 21 44 95  
mobil: +43 (0) 650 973 06 04  
e-mail: markus.hoffmann@gmx.at

**em. o. Univ. Prof. Dr.-Ing. habil Friedhelm Noack**

langjährige Leiter des Instituts für Elektrische Energie- und  
Hochspannungstechnik der TU Ilmenau  
Schleusingerstraße 77c; D-98693 Ilmenau  
Tel. +49 3677 881133; Tel. +49 3677 692834  
mobil: +49 1 71 822 4021  
e-mail: friedhelm.noack@googlemail.com



# Kurzzusammenfassung der Ergebnisse

Die bestehenden Höchstspannungsnetze sind infolge der Energiemarktliberalisierung, regionalen Erzeugungsüberschüssen bzw. – defiziten sowie einem stetigen Verbrauchszuwachs an vielen Stellen an den Grenzen der Leistungsfähigkeit. Vor diesem Hintergrund wird die Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit eines Ausbaus der Salzburgleitung von 220 kV auf 380 kV von den Autoren bestätigt.

Der von der Verbund APG geplante Ausbau als Freileitung hat jedoch aus verschiedenen Gründen starken Widerstand in den betroffenen Anrainergemeinden bzw. der Bevölkerung ausgelöst, weshalb die u.a. betroffenen Gemeinden Berndorf, Seeham, Obertrum und Seekirchen bezüglich der Machbarkeit einer alternativen 380 kV - Kabellösung an die Autoren herangetreten sind. Neben der Klärung der technischen Machbarkeit bestand die Aufgabe weiters in der vergleichenden Abschätzung von Kosten und Umweltwirkungen auf die wesentlichen betroffenen Schutzgüter.

Nachdem sowohl die technische Machbarkeit, als auch Kosten und Umweltwirkungen in der Vergangenheit kontrovers diskutiert wurden, haben sich die Autoren über den Rahmen des Auftrags hinaus entschlossen, nicht nur machbare Lösungen für den 1. Abschnitt zu skizzieren, sondern auch entsprechend fundierte rechnerische Nachweise zu allen wesentlichen Lösungsaspekten zu liefern, deren Ergebnisse in der Präsentation nur auszugsweise wiedergegeben sind. Darüber hinaus erfolgt ein Kostenvergleich von 380 kV Freileitung und Kabel sowie Hinweise zu externen Effekten wie Baugrundverluste, Auswirkungen auf Landschaftsbild und Tourismus etc.

Gemäß den umfangreichen Recherchen werden VPE - Kabel seit über 20 Jahren in wachsendem Umfang in den Hochspannungs - Übertragungsnetzen installiert. Weltweit wurden bisher mehr als 1.500 km Kabel im Spannungsbereich von 315...550 kV verlegt und erfolgreich in Betrieb genommen. Gemäß den bisherigen Erfahrungen und durchgeführten Berechnungen sind bei den vorgeschlagenen Kabellösungen weder im Betrieb, noch in Bezug auf die Versorgungssicherheit Probleme zu erwarten.

Darüber hinaus weisen Kabel bei den zu erwartenden Auslastungen deutlich geringere Übertragungsverluste und damit Betriebskosten als die Freileitung. Demgemäß ergibt in Summe auch eine günstigere CO<sub>2</sub> – Bilanz, was besonders aus Sicht des Klimaschutzes von Relevanz ist. Darüber hinaus sind die Herstellungskosten des Kabels um einen Kostenfaktor von 3... 5 teurer als die Freileitung, was zu betriebswirtschaftlichen Gesamtkosten in der üblichen Abschreibungsdauer von 40 Jahren mit einem Kostenfaktor von 2 ... 3 führt. Diese verbleibenden Mehrkosten des Kabels können durch Abschöpfung der ermöglichten Transitgewinne problemlos refinanziert werden.

Die Mehrkosten einer Verkabelung des gesamten 1. und 2. Abschnitts der Salzburgleitung würden bei vollständiger Umlegung zu einer Zusatzbelastung des Durchschnittshaushaltes in Österreich von etwas mehr als einem Euro pro Jahr führen. Aufgrund der hohen Preise für Baugrund in Salzburg reicht allein der Verlust von etwa 1,1... 1,7 ha/km Freileitung aus, die Mehrkosten einer Verkabelung zu rechtfertigen. Kommt es aufgrund der Beeinträchtigung des Landschaftsbilds durch die Freileitung im 1. Abschnitt in Salzburg zu einem Rückgang des Tourismus um 14... 19% bzw. im 2. Abschnitt von nur 1... 2%, sind die Mehrkosten einer Vollverkabelung allein unter diesem Titel gedeckt. Ein solcher Rückgang ist aber angesichts der Auswirkungen besonders im 2. Abschnitt realistisch.

*Insgesamt gesehen sind daher 380 kV - Kabel im Übertragungsnetz nicht nur Stand der Technik, sondern können in einer Gesamtbetrachtung auch wirtschaftlich Sinn machen. Aus der Untersuchung der Gegebenheiten in Salzburg ist daher zumindest eine Teilverkabelung sensibler Abschnitte dringend zu empfehlen, da die von der 380 kV - Freileitungen verursachten externen Kosten bei weitem die betriebswirtschaftlichen Mehrkosten einer Kabellösung übersteigen.*

Univ. Lektor DI. Dr. techn. Markus Hoffmann

Graz - Ilmenau - Salzburg  
am 26.11.2007

em. o. Univ. Prof. Dr.-Ing. habil Friedrich Noack



# Inhaltsverzeichnis der Präsentation

---

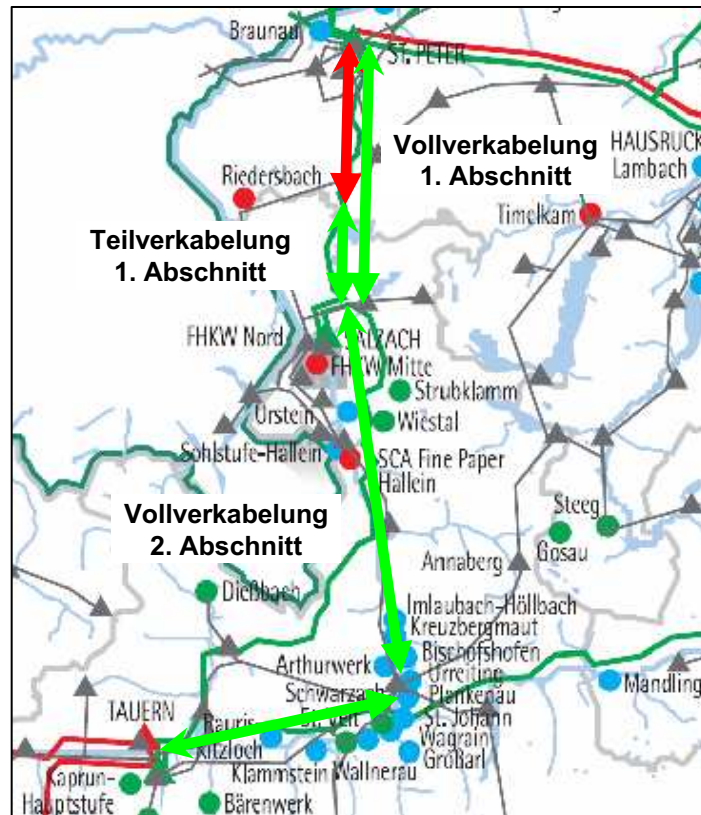
- 1. Projektübersicht – untersuchte Kabelvarianten**
- 2. Gewählte Kabelanordnung und Verlegung**
- 3. Technische Machbarkeit langer Kabelstrecken**
- 4. Übertragungsfähigkeit und Übertragungsverluste**
- 5. Betriebsverhalten in gemischten Höchstspannungsnetzen**
- 6. Lebensdauer und Zuverlässigkeit**
- 7. Elektromagnetische Felder bei thermischem Grenzstrom**
- 8. Elektromagnetische Felder bei max. Dauerleistung**
- 9. Grenzwerte und medizinische Empfehlungen**
- 10. Auswirkungen auf Raumordnung und Grundpreise**
- 11. Auswirkungen auf den Tourismus**
- 12. Auswirkungen auf Boden, Gewässer und Ökosysteme**
- 13. Öffentliche Akzeptanz und öffentliche Interessen**
- 14. Barwert und Annuität der Teilverkabelung über 14,5 km**
- 15. Gesamtbetrachtung und Ausblick**





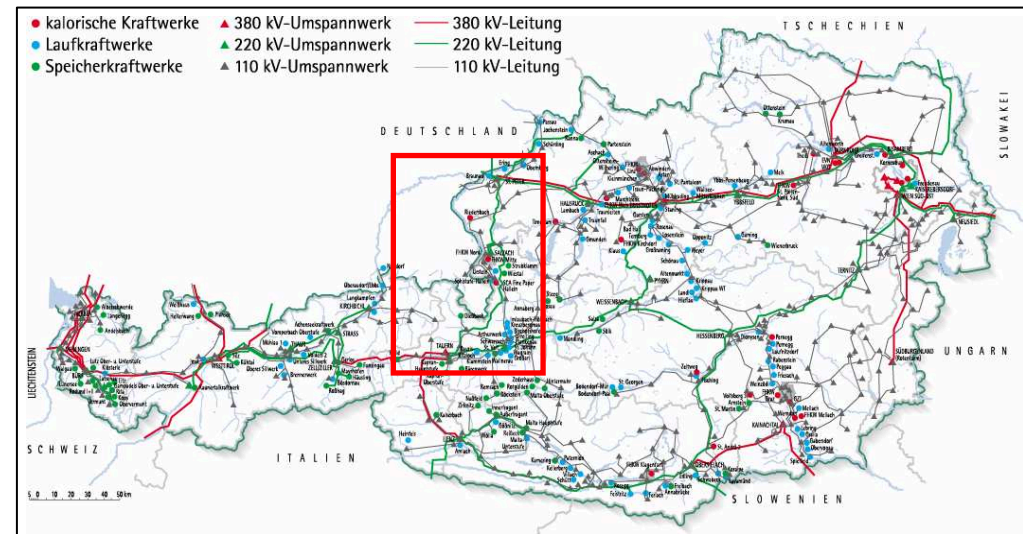
# 1. Projektübersicht – untersuchte Kabelvarianten

Abschnitte	Kabeltyp	Verlegung	Kapazität	Länge	Spannung	Lebensdauer	Sicherheit
Teilverkabelung 1. Abschnitt Salzach Neu – Hart St. Peter	VPE – Kabel 2500 mm <sup>2</sup>	Erdeverlegt GFK-Rohr	2x1500 MVA	14,5 km (nur Sbg.)	380kV (AC)	40-50 Jahre	(n-1) sicher (Doppelsystem)
Vollverkabelung 1. Abschnitt Salzach Neu – Hart St. Peter	VPE – Kabel 2500 mm <sup>2</sup>	Erdeverlegt GFK-Rohr	2x1500 MVA	46 km (OÖ & Sbg)	380kV (AC)	40-50 Jahre	(n-1) sicher (Doppelsystem)
Vollverkabelung 2. Abschnitt Salzach Neu – Tauern	VPE – Kabel 2500 mm <sup>2</sup>	Erdeverlegt GFK-Rohr	2x1500 MVA	65+40 = 105 km	380kV (AC)	40-50 Jahre	(n-1) sicher (Doppelsystem)



untersuchte Kabelvarianten für die  
Salzburgleitung 2007

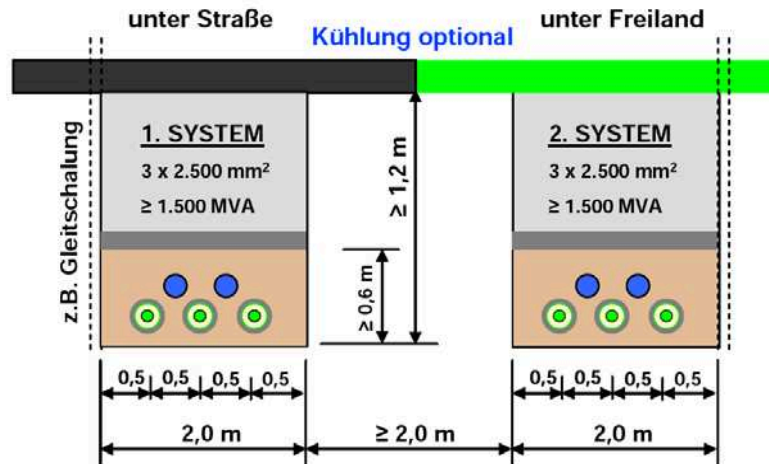
Stromnetz und Kraftwerkspark  
in Österreich 2002





## 2. Gewählte Kabelanordnung und Verlegung

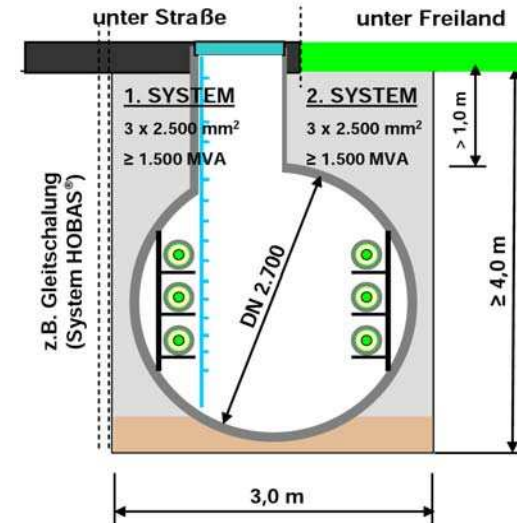
### Variante Erdverlegung in 2 Künetten



#### Kurzbeschreibung Erdverlegung:

- 2500 mm<sup>2</sup> Cu - Leiterquerschnitt
- Verlegung in 2 Künetten mit 4 m Achsabstand und je 2 m Breite bzw. > 1,2 m Tiefe
- Kabel von 750 – 1000 m Länge werden in eine thermisch stabile Schicht (Magerbeton) gelegt
- Keine eigenen Muffenbauwerke
- Optionale Kühlung bringt +50 bis 100% Leist.
- Erprobt in Dänemark, Italien, Österreich u.a.
- Günstigere Ausführung

### Variante Verlegung im GFK-Rohr



#### Kurzbeschreibung GFK - Rohr:

- 2500 mm<sup>2</sup> Cu - Leiterquerschnitt
- Verlegung im GFK-Rohr mit DN 2700 in einer Künette mit 3 m Breite und > 4 m Tiefe
- Rohre und Aufsatzschächte = Fertigteile mit Anschlüssen für Kabelhalterung
- Lebensdauer der druckfesten und wasserdichten Rohre liegt bei 80 – 100 Jahren
- Längsbelüftung mit Gebläseleist. > 22,6 m<sup>3</sup>/s
- Guter Zugang und schnelle Reparatur



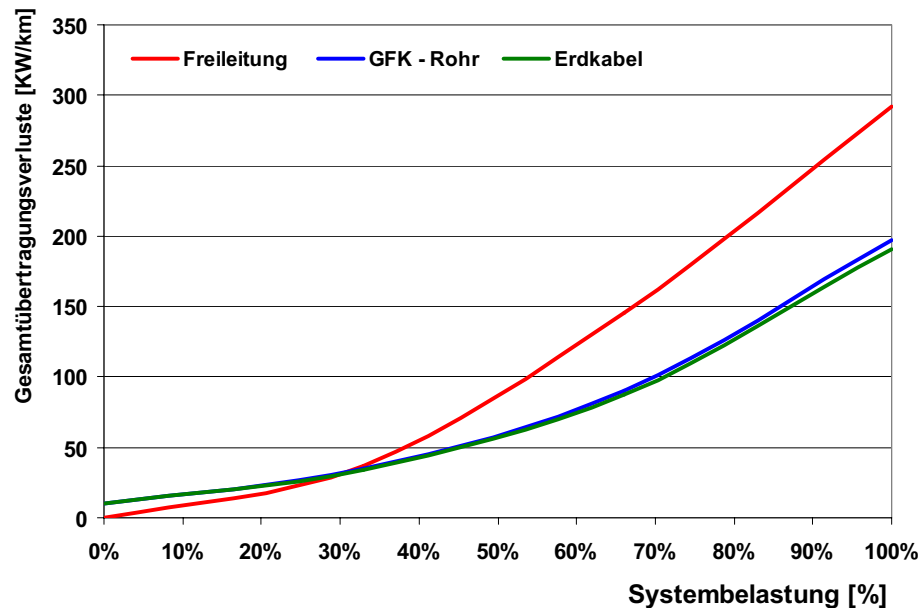
### 3. Technische Machbarkeit langer Kabelstrecken

- VPE – Kabel bis 550 kV bewährte Technik seit über 20 Jahren
- 800 km 220... 230 kV und 1660 km 230... 550 kV inkl. Muffen und Endverschlüssen verlegt
- Bestehende Kabelstrecken: Kopenhagen 22 km, Berlin 12 km, Tokio 40 km, Boston 28,8 km, Sydney 28 km, London 20 km
- Längere Kabelstrecken z.B. mit 40, 46 und 65 km sind nach dem Stand der Technik möglich
- Für lange Kabelstrecken müssen Drosseln zur Ladestromkompensation in den Umspannwerken aufgestellt werden
- Auch Teilverkabelungen sind möglich z.B. 14,5 km Kabel und 31,5 km Freileitung (1. Abschnitt Salzburgleitung: UW St. Peter Hart – UW Salzach Neu)
- Auch bei Reihenschaltung ist die Einbeziehung in bestehende Fehlerschutzsysteme möglich (Automat. Wiedereinschaltung bei Freileitungsfehlern Bsp. Dänemark, Italien, Spanien)
- Eine **Voll- oder auch eine Teilverkabelung der Salzburgleitung ist nach dem Stand der Technik ohne technische Probleme möglich** und wurde bereits in ähnlichen Längen erfolgreich umgesetzt
- Alle Kabelhersteller wenden ähnliche Technologien an und halten die Empfehlungen nach CIGRE SC B1 ein. Sie weisen die Zuverlässigkeit und Koordination der Kabel- und Garnituren (Muffen - und Endverschlüsse) durch Prüfungen nach IEC 62067 nach
- Weltweit werden lange Kabelstrecken als Doppelsystem (Tokio, Berlin, Kopenhagen etc.) oder sogar als Einfachsystem (London) ausgeführt.



## 4. Übertragungsfähigkeit und Übertragungsverluste

- **Doppelsystem Freileitung: 2 x 3 x 3 x 635/117 mm<sup>2</sup> Al/St**  
 $S_{\text{therm}} = 2 \times 1500 \text{ MVA}$  (kurzzeitig, temperaturabhängig)  
 $S_{\text{dauer}} = 2 \times 1000 \text{ MVA}$  ((n-1)-sichere Übertragungsleistung)  
 $S_{1\text{-System}} = 1 \times 1500 \text{ MVA}$
- **Doppelsystem Erdkabel: 2 x 3 x 1 x 2500 mm<sup>2</sup> Cu**  
 $S_{\text{dauer}} = 2 \times 1340 \text{ MVA}$  (Lastfaktor m=1,0)  
 $S_{\text{dauer}} = 2 \times 1622 \text{ MVA}$  (Lastfaktor m=0,7)  
 $S_{1\text{-System}} \approx 1 \times 1700 \text{ MVA}$
- **Doppelsystem Rohrkabel: 2 x 3 x 1 x 2500 mm<sup>2</sup> Cu**  
 $S_{\text{dauer}} = 2 \times 1500 \text{ MVA}$  (Lastfaktor m=1,0)  
 $S_{1\text{-System}} \approx 1 \times 1725 \text{ MVA}$
- Kabel reagieren mit großer thermischer Trägheit (Tage... Wochen) auf Laständerungen; deshalb große Überlastungsfähigkeit auch im Störfall



- Kabel weisen bei zunehmender Belastung (> 30%) wegen des größeren Leiterquerschnitts und des Leitermaterials Kupfer statt Aluminium geringere Verluste als Freileitungen auf
- Die Verlusteinsparungen sind umso größer, je höher der Kabelanteil und je länger die Betriebsdauer ist
- Bei steigenden Energiekosten stellen die geringeren Verluste des Kabels einen wesentlichen Faktor der Wirtschaftlichkeit und Umwelt dar (CO<sub>2</sub> – Bilanz)



## 5. Betriebsverhalten in gemischten Höchstspannungsnetzen

- Kabel wirken im Netz wie kürzere Freileitungen (mit 77% ihrer Länge); dadurch ergeben sich kleinere Spannungsabfälle über Kabel und geringere Verluste im Netz
- Kabel unterstützen die angestrebte Entlastung der bestehenden 220 kV – Nord/Süd – Freileitungen
- Teil- und Vollverkabelungen verursachen keine technischen Probleme bei Betriebsvorgängen:
  - Einschaltströme sind kleiner als garantiertes Einschaltvermögen der Leistungsschalter ( $i_e \approx 12 \text{ kA} < i_E \approx 50 \dots 125 \text{ kA}$ )
  - Überspannungen bei einpoligen Erdkurzschlüssen geringer als bei Freileitungen
  - Überspannungen beim Ein- und Ausschalten leerlaufender Kabel deutlich unter der garantierten Schaltspannungsfestigkeit von 1050 kV nach IEC71, IEC 62067
- Kabel werden nicht direkt durch Blitzeinschläge beaufschlagt. Laufen Blitzüberspannungen von der Freileitung in die Kabel, wirken diese überspannungsbegrenzend für das ganze Netz ( $u_{\max} \approx 900 \text{ kV} < u_{\text{zul}} = 1425 \text{ kV}$ ). Zur Sicherheit werden wie bei Freileitungen Überspannungsableiter an beiden Enden der Kabel eingesetzt
- Kabelmäntel (4 mm Wandstärke) weisen eine ausreichende Isolationsfestigkeit gegenüber Blitzüberspannungen auf (nach IEC 62305-3: 3 mm erforderlich); Auskreuzungsstellen werden durch Überspannungsableiter geschützt



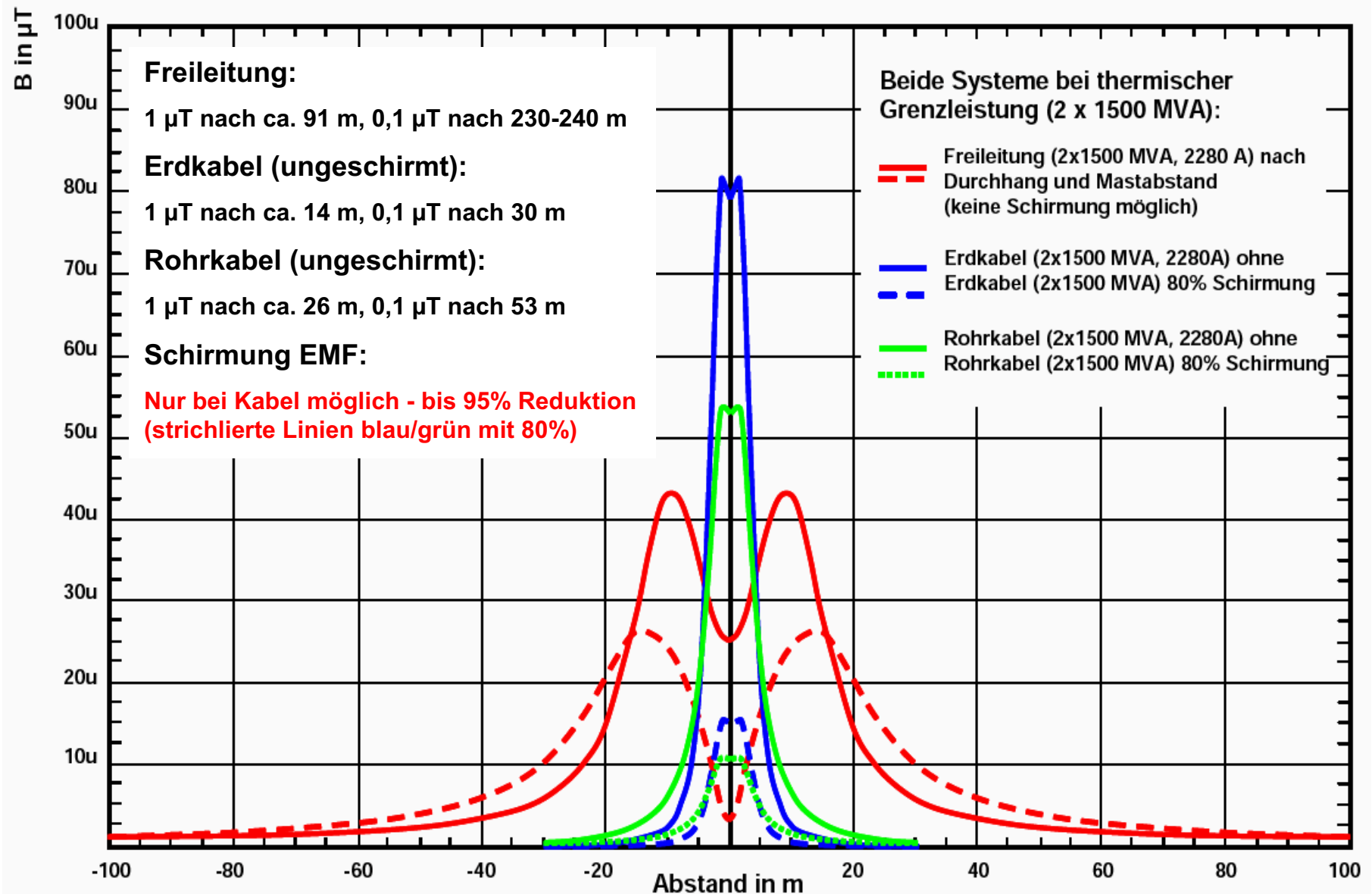


## 6. Lebensdauer und Zuverlässigkeit

- Ausführliche Präqualifikationstests führenden Hersteller zeigen, dass mit modernen Isoliersystemen Lebensdauern von mindestens 40...50 Jahren erreicht werden
- Störungsbehebungen verlangen bei modernen Kabelsystemen je nach Verlegeart längere Reparaturzeiten als Freileitungen. Die Fehlerhäufigkeit ist viel geringer, da keine äußeren Einwirkungen (Wind, Eis, Gewitter u. a.) auftreten können
- Da Muffen und Endverschlüsse mit Feststoffisolierungen vorgefertigt und vorgeprüft sind, ist im Falle einer Störung ein Austausch in wenigen Tagen bis max. 2 Wochen gesichert, wenn Reserveteile vorgehalten werden. Die Ausfallzeiten sind von der Zugänglichkeit der Trasse abhängig, bei Erdverlegung sind die Tiefbauarbeiten zeitbestimmend
- Zur Erfüllung der (n-1)-Sicherheit werden die Systeme redundant ausgeführt, d.h. im Falle einer Ausschaltung übernimmt das parallele Kabelsystem die Last
- Die weltweiten Erfahrungen mit Höchstspannungsgarnituren zeigen, dass die Fehlerhäufigkeit außerordentlich gering ist. Damit berechnet sich die wahrscheinliche Nichtverfügbarkeitsdauer des Einzelsystems im 1. Abschnitt (46 km) zu:
  - Freileitung: 0,48 h/a, Vollverkabelung: 5,9 h/a, Teilverkabelung (14,5 km): 1,9 h/a
- Die Wahrscheinlichkeit für den gleichzeitigen Ausfall beider Systeme ist für Freileitung und Kabel außerordentlich gering. Die wahrscheinliche Nichtverfügbarkeitsdauer innerhalb von 10 Jahren beträgt:
  - Freileitung:  $\approx 1$  sec, Vollverkabelung:  $\approx 2,3$  min, Teilverkabelung (14,5 km):  $\approx 20$  sec
- Nicht berücksichtigt ist die Wahrscheinlichkeit, dass Freileitungen durch extreme Wetterbedingungen Totalausfälle erleiden können
- Durch die künftige zweiseitige Anspeisung im Österreichring werden selbst in solchen extremen Situationen Versorgungsausfälle vermieden

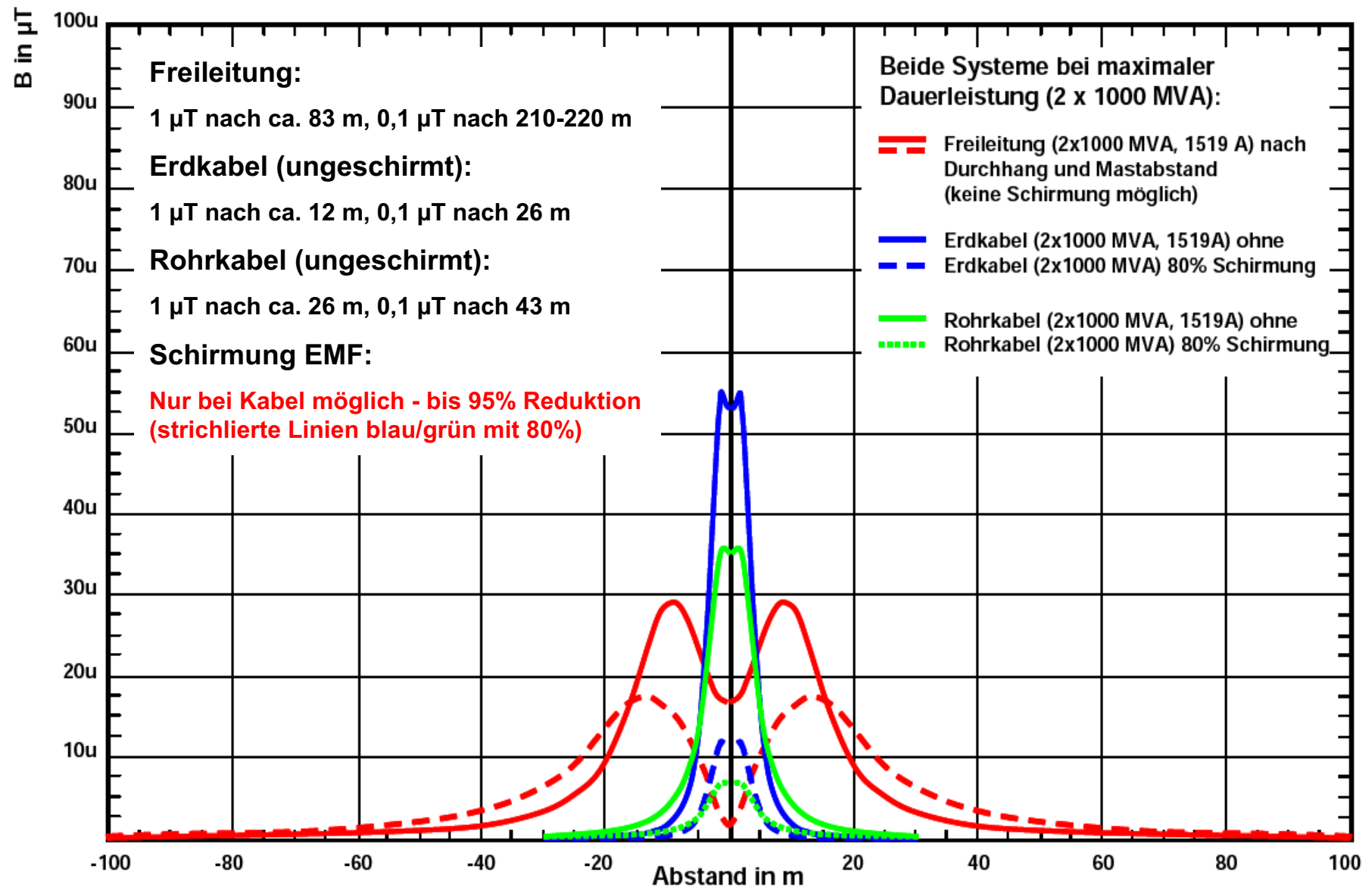


## 7. Elektromagnetische Felder bei thermischem Grenzstrom





## 8. Elektromagnetische Felder bei max. Dauerleistung



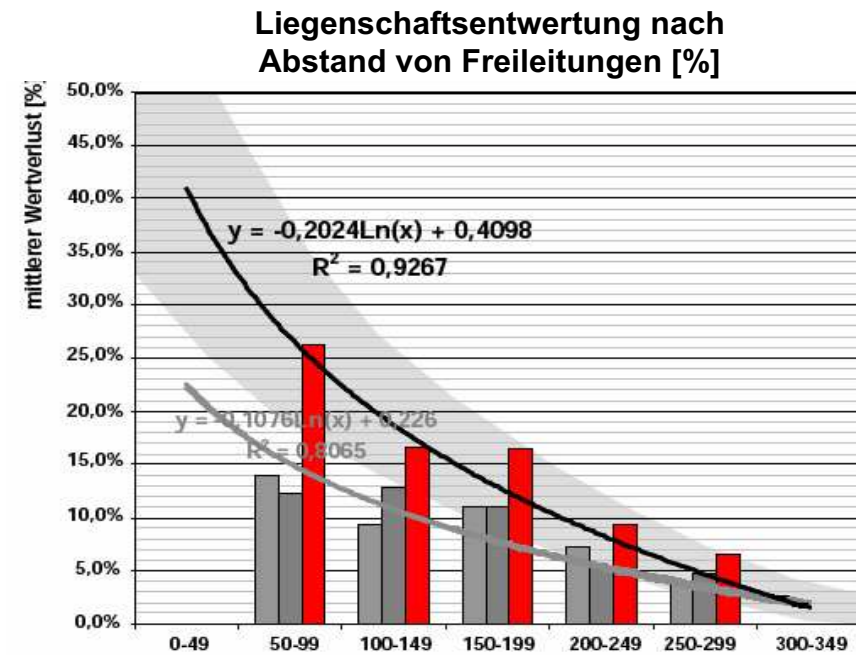
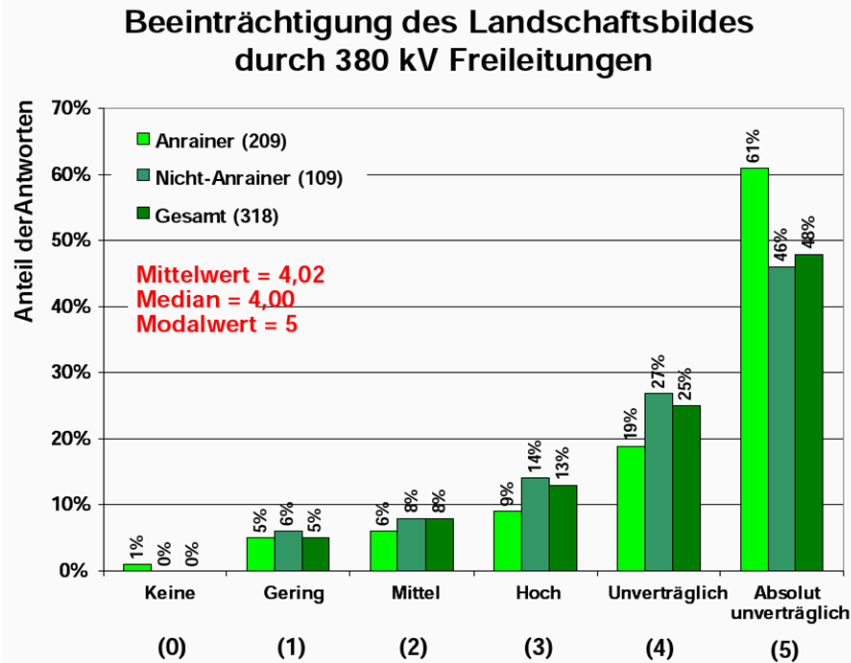


## 9. Grenzwerte und medizinische Empfehlungen

- Epidemiologische Untersuchungen zeigen eine hohe Wahrscheinlichkeit eines **erhöhten Krebsrisikos** (besonders bei Kindern und Schwangeren) bei dauerhafter Einwirkung von netzfrequenten Magnetfeldern mit einer **Flussdichte  $> 0,4 \mu\text{T}$**
- Technische Grenzwertvorschläge z.B. der ICNIRP (1998) gehen von Kurzzeitwirkungen aus und sehen einen Wert von  $100 \mu\text{T}$  vor
- Weltweit existieren eine Reihe von Festlegungen und Empfehlungen, die einen **Vorsorgewert für Dauerbelastungen von  $0,1 \dots 0,4 \mu\text{T}$**  fordern
- Aufgrund der regionalen Topographie und Besiedlungsstruktur ist mit einer 380 kV – Kabel- lösung auf ca. 95...99% der Trassenlänge ein ausreichender Abstand zu Wohnnutzungen ohne Abschirmung einhaltbar
- Da das Magnetfeld des Kabels bereits bei geringen Abständen von der Trasse wesentlich unter dem der Freileitung liegt, sind geringere Schutzabstände zu Wohngebieten möglich. Durch Schirmung der Kabel kann das Magnetfeld in sensiblen Bereichen noch drastisch reduziert werden, wodurch **Minimalabstände von  $10 \dots 15 \text{ m}$**  möglich wären
- Die vergleichbare 380 kV - Freileitung würde für die Einhaltung eines Immissionswertes von  **$1 \mu\text{T}$  einen Trassenkorridor von  $180 \dots 190 \text{ m}$**  und von  **$0,1 \mu\text{T}$  von  $400 \dots 480 \text{ m}$  Breite** erfordern
- Aufgrund der bestehenden Topographie und Bebauung sind diese Abstände bei der Freileitung kaum einhaltbar, weshalb das **Kabel** aus Sicht der Magnetfeldbelastung ein wesentlich **besseres Schutzniveau der betroffenen Bevölkerung** sicherstellen kann



## 10. Auswirkungen auf Raumordnung und Grundpreise

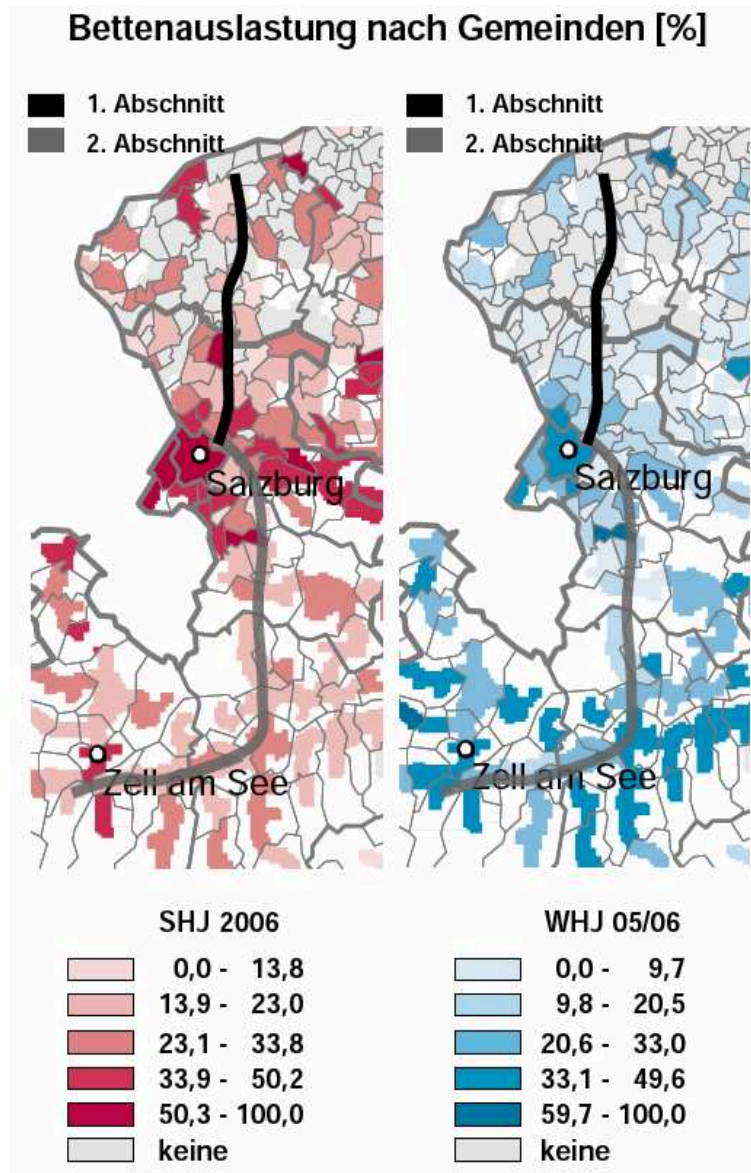


- Für rund 71% der Befragten stellen 380 kV – Freileitungen eine unverträgliche bis absolut unverträgliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes dar [HADLER 2004]
- Liegenschaftsentwertungen an Freileitungen treten bis zu 400 m Abstand auf und können je nach Wohnungsmarkt 25% und mehr erreichen [SIMS 2005, BOLTON 1993]
- Die Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung einer Beeinträchtigung durch Elektromog wurde in der Schweiz mit 250... 365 €/Haushalt und Jahr ermittelt
- Je nach Trassenbreite wird bestehendes und potentiell Bauland im Wert von ca. 50 €/m<sup>2</sup> (1. Abschnitt OÖ), 225 €/m<sup>2</sup> (1. Abschnitt Sbg.) bzw. 190 €/m<sup>2</sup> (2. Abschnitt Sbg.) entwertet
- Je nach einzuhaltendem Abstand (EMF) benötigen Freileitungen einen wesentlich breiteren Trassenkorridor als Kabel (Baugrundverlust); Grundentwertungen treten beim Kabel nicht auf

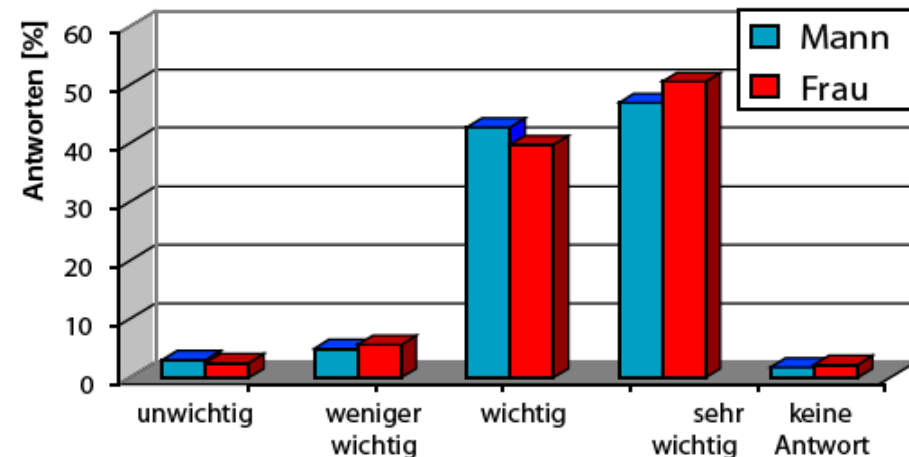




## 11. Auswirkungen auf den Tourismus



Wie wichtig ist die Schönheit der Landschaft für die Wahl Ihrer Ausflugsziele? (Univox 2002)



- Freileitungen beeinträchtigen im Gegensatz zu Kabeln die Schönheit der Landschaft wesentlich
- Die Schönheit der Landschaft ist für über 90% der Touristen wichtig für die Wahl des Ausflugsziels
- Die Wertschöpfung des Tourismus in Sbg. liegt bei etwa 170 €/Nächtigung
- Die Wertschöpfung in den Trassengemeinden pro Jahr liegt bei 1,25 Mio. €/a (1. Abschn. OÖ) 16,6 Mio. €/a (1. Abschn. Sbg. – 100.000 N/a) 822,8 Mio.€/a (2. Abschn. Sbg. – 4,8 Mio. N/a)



## 12. Auswirkungen auf Boden, Gewässer und Ökosysteme

**GFK – Rohrverlegung (li) und Erdverlegung (re o.)  
mit Kabeltransport bis zur Einbaustelle (re. u.)**



**Kabeltrasse mit Erdverlegung bzw. rekultiviert (li) und  
Waldquerung Kabel (re o.) bzw. Freileitung (re. u.)**

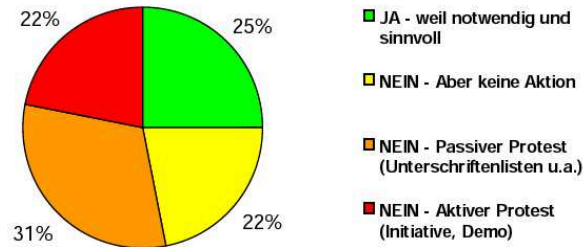


- Die Eingriffsintensität in den Boden ist bei Kabeltrassen höher als bei Freileitungen und in etwa mit dem Bau großformatiger Abwasserkanäle oder Gemeindestraßen vergleichbar
- Bereits nach wenigen Monaten ist die rekultivierte Kabeltrasse kaum noch erkennbar, eine landwirtschaftliche Nutzung ist auf Kabel- und Freileitungstrasse weiter möglich
- Bei der Querung von zusammenhängenden Waldgebieten verursacht die Kabeltrasse mit 5... 10 m Breite deutlich geringere Auswirkungen als 380 kV - Freileitungen mit ca. 60 m
- Die Bodenerwärmung liegt bei üblicher Auslastung im Fall der Erdverlegung bei wenigen °Celsius (unbedenklich) und ist im Fall der Verlegung im GFK – Rohr vernachlässigbar
- An Freileitungen treten Kollisionen mit teilweise geschützten Vogelarten (FFH-Regime) auf (400... 700 Kollisionen / km und Jahr), die auch durch Markierung nur teilw. reduzierbar sind

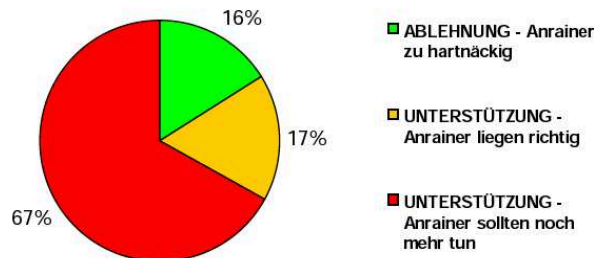


## 13. Öffentliche Akzeptanz und öffentliche Interessen

Protest gegen 380 kV - Freileitungen  
bei eigener Betroffenheit



Einstellung zu Anrainerprotesten gegen  
die 380 kV - Freileitungen



Kabel- oder Freileitung -  
Was ist besser für Salzburg?



### Abwägung öffentlicher Interessen:

- Im Zuge von Genehmigungsverfahren zu Großvorhaben z.B. im Höchstspannungsnetz ist eine umfassende Betrachtung aller Auswirkungen und Abwägung der öffentlichen Interessen vorzunehmen.

### Staatsunternehmen vs öffentliche Interessen:

- Bei staatsnahen Unternehmen (z.B. VERBUND: 51% Bund, 25% Land NÖ) treten oft Interessenkonflikte in den Behörden auf, welche eine objektive Beurteilung der Sachlage erschweren.

### Öffentliche Akzeptanz vs öffentliche Interessen:

- Die Durchsetzung von Lösungen ohne öffentliche Akzeptanz unterhöhlt die Autorität des Staates und ist daher nicht im öffentlichen Interesse. Dies gilt besonders für Großvorhaben mit langer Bestandsdauer und massiven Auswirkungen.

### Kabel vs Freileitung:

- 77% der Salzburger bevorzugen gemäß einer Umfrage der SN (2007) eine Kabellösung in Fällen, wo Anrainer und Umwelt betroffen sind. Dies gilt auch, wenn eine solche Mehrkosten verursachen sollte. Eine Freileitung wird dagegen nur von 12% befürwortet.





# 14. Barwert und Annuität der Teilverkabelung über 14,5 km

Wirtschaftlichkeitsvergleich von Teilverkabelung und Freileitung von 14,5 km im 1. Abschnitt							
Nr.	Positionsbeschreibung	Investition	Anfall	Zeltraum	Zinssatz	Barwert	Annuität
1.	Investitionskosten Kabel (Erdverl.) bei 0% Restwert	59.291.425	1,0	40,0	5,0%	59.291.425	3.290.853
2.	Betriebskosten Kabel (Erdverl.)	516.700	40,0	40,0	5,0%	8.866.101	492.095
<b>Barwert und Annuität des Kabels in Erdverlegung (Lebensdauer = 40 Jahre) bei 5% Zinsen</b>						<b>- 68.157.526</b>	<b>3.782.948</b>
3.	Investitionskosten Kabel (GFK - Rohr 0% Restwert)	73.027.425	1,0	40,0	5,0%	73.027.425	4.053.242
4.	Betriebskosten Kabel (GFK - Rohr)	544.930	40,0	40,0	5,0%	9.350.496	518.981
<b>Barwert und Annuität des Kabels im GFK-Rohr (Lebensdauer = 40 Jahre) bei 5% Zinsen</b>						<b>- 82.377.921</b>	<b>4.572.223</b>
5.	Investitionskosten Freileitung mit 1,0 Mio. €/km	14.500.000	1,0	40,0	5,0%	14.500.000	804.794
6.	Betriebskosten Freileitung	750.366	40,0	40,0	5,0%	12.875.600	714.635
<b>Barwert und Annuität der Freileitung (Lebensdauer = 40 Jahre) bei 5% Zinsen</b>						<b>- 27.375.600</b>	<b>1.519.428</b>

**BARWERT: Bau- und Betrieb bei 5% Zinssatz**

Option	Barwert 2007 [Mio. €]
Freileitung	27
Erdverlegung	68
GFK-Rohr	82

**ANNUITÄT: Bau- und Betrieb bei 5% Zinssatz**

Option	Annuität 2007 [Mio. €/Jahr]
Freileitung	1,5
Erdverlegung	3,8
GFK-Rohr	4,6



## 15. Gesamtbetrachtung und Ausblick

- Gemäß den umfangreichen Recherchen und angestellten Berechnungen sind sowohl eine Teil-, als auch eine Vollverkabelung der Salzburgleitung in 1. und 2. Abschnitt möglich und Stand der Technik (Herstellereklärung und ausreichend realisierte Projekte liegen vor)
- Im Betrieb weisen Kabelstrecken eine ausgezeichnete Versorgungszuverlässigkeit und geringere Übertragungsverluste als Freileitungen auf. Im Netz wirken sie wie eine Verkürzung der Freileitungsstrecke auf 77% und ersetzen die bestehende 220 kV – Freileitung in Salzburg
- Aufgrund des steilen Abfalls und der Schirmungsmöglichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern benötigen Kabeltrassen wesentlich geringere Trassenbreiten als Freileitungen und vermeiden darüber hinaus Beeinträchtigungen von Tourismus, Landschaftsbild und Liegenschaftswerten
- Im Bau sind Kabelstrecken um einen Faktor 3... 5 teurer, zusammen mit den Betriebskosten in 40 Jahren Abschreibungsdauer ergibt sich ein Gesamtkostenverhältnis von 2... 3
- Durch den Netzausbau wird die Übertragungskapazität um das 4... 5 - fache ausgebaut. Durch diese Anhebung der Transitkapazität können die Mehrkosten des Kabels refinanziert werden
- Selbst wenn die Mehrkosten des Kabels auf 1. und 2. Abschnitt nur auf den Strompreis in Österreich umgelegt werden, ergibt sich eine Mehrbelastung von 1... 1,5 €/Haushalt und Jahr
- Wenn der Tourismus aufgrund der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes im 1. Abschnitt in Salzburg um 14... 19% (möglich) bzw. im 2. Abschnitt um 1... 2% (wahrscheinlich) zurückgehen, sind die Mehrkosten des Kabels allein unter diesem Aspekt gerechtfertigt
- Massive Liegenschaftsentwertungen entlang der Freileitungstrassen sind durch eine Kabellösung vermeidbar und hier noch gar nicht eingerechnet

***Aus der Untersuchung der Gegebenheiten in Salzburg ist zumindest eine Teilverkabelung sensibler Abschnitte dringend zu empfehlen, da die von der 380 kV – Freileitung verursachten externen Kosten bei weitem die betriebswirtschaftlichen Mehrkosten einer Kabellösung übersteigen. Die erzielbaren Transitgewinne und vermiedenen Übertragungsverluste liegen deutlich über den Kosten von Freileitung und Kabel.***