braavos

Gemeinde Niederwil AG

SÜL 611 Leitungszug Niederwil - Obfelden

Beurteilung der Unterlagen des BFE

Braavos GmbH
Schweiziweg 4
5608 Stetten | Schweiz

Ihr Kontakt
Damian Aegerter
Dipl. El. Ing. ETH | Wirtsch. Ing. FH
+41 79 717 23 71
damian.aegerter@braavos.ch

www.braavos.ch

Impressum

Auftraggeber
Gemeinde Niederwil AG
Gemeinderat
Hauptstrasse 4
5524 Niederwil AG

Bearbeiter
Braavos GmbH
Damian Aegerter
Schweiziweg 4
CH-5608 Stetten

Projekt
2012 SÜL 611

Dokument
2020-02-27 SÜL 611 Beurteilung.docx

Druckdatum
27. Februar 2020

Änderungsindex

Rev	Datum	Kommentar	Erstellt	Geprüft	Freigabe
0	27.02.2020	Erste Ausgabe	DAe	SAe	DAe

Index

1 Aufgabe und Fazit **5**
1.1 Aufgabenstellung *5*
1.2 Fazit *5*
2 Fragenkatalog **6**

Unterlagen

[1] 9931 SÜL 611 Leitungszug Niederwil – Obfelden
- Objektblatt vom 2019.11.28
- Erläuternder Bericht vom 2019.11.28

[2] 7736-149 SÜL 611 Leitungszug Niederwil – Obfelden, Planungsgebiet bereinigt vom 2016.08.03

[3] 9940 Korridorvarianten:
- Korridorvariante Freileitung Reusstal
- Korridorvariante Kabelleitung Reusstal
- Korridorvariante Teilverkabelung BLN
- Korridorvariante Teilverkabelung Fischbach-Göslikon
- Korridorvariante Verkabelung Bünztal
- Korridorvariante Wagenrain Freileitung
- Korridorvariante Wagenrain Teilverkabelung BLN
- Planungskorridor Niederwil-Obfelden Teilverkabelung BLN

[4] 9941 Bewertungsschemas:
- Bewertungsschema Bewertung Freileitung Reusstal
- Bewertungsschema Bewertung Kabelleitung Bünztal
- Bewertungsschema Bewertung Kabelleitung Reusstal
- Bewertungsschema Bewertung Teilverkabelung BLN
- Bewertungsschema Bewertung Teilverkabelung Fischbach-Göslikon

[5] 9942 Präsentationen Infoveranstaltung:
- Infoveranstaltung Präsentation BFE
- Infoveranstaltung Präsentation Swissgrid
- Karte Planungsgebiet
- Plakat Stärken - Schwächenvergleich

[6] Bewertungsschema für Übertragungsleitungen, BFE, 2013

[7] Handbuch zum Bewertungsschema Übertragungsleitungen, BFE, 2013

[8] Praxishilfe Geometrische Richtwerte von Waidwegen und Waldstrassen, BUWAL, 1999

[9] Stellungnahme zur geplanten 380-kV-Reusstalleitung bzgl. der vom Bundesamt für Energie zur Verfügung gestellten Unterlagen von Prof. Brakelmann und Prof. Jarass, vom 08.01.2020

[10] Normensatz IEC 60287, „Electric cables – Calculation of the current rating

[11] Modellbasierte prädiktive Regelung für die Anwendung in RTTR Temperaturmesssystemen von Hochspannungskabeln, VDE Fachtagung Hochspannungstechnik 2018, Berlin

Abkürzungsverzeichnis

A	Einheit des elektrischen Stroms (Ampere)
Al	Aluminium
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFE	Bundesamt für Energie
BLN	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (seit 2005 BAFU)
Cu	Kupfer
DTS	Distributed Temperature Sensing (verteilte Temperaturmessung)
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat
GPS	Global Positioning System
HS	Hochspannung
IEC	International Electrotechnical Commission
kV	Einheit der elektrischen Spannung (Kilovolt)
mm^2	Quadratmilimeter
NW	Normweite
RTTR	Real Time Thermal Rating (Thermische Lastberechnung in Echtzeit)
SÜL	Sachplan Übertragungsleitungen
UW	Unterwerk (D: Umspannwerk)
µT	Einheit der magnetischen Flussdichte (Mikrotesla)

Gutachter

Damian Aegerter wurde 1976 in Muri in der Schweiz geboren. Er erhielt 2002 sein Diplom in Elektrotechnik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) und 2006 ein Diplom in Wirtschaftswissenschaften und Projektmanagement an der Fachhochschule Bern, Schweiz (BFH). Er arbeitete erst als Inbetriebsetzungs- und Projektingenieur für Bombardier Transportation bis er 2008 als Projektleiter zum Kabelhersteller Brugg Cables wechselte. Als Kabel- und NISV-Experte arbeitete er später für das Planungsbüro AFRY (vormals AF-Consult Switzerland AG) und seit 2015 führt er seine eigene Firma Braavos GmbH und ist als Kabelexperte weltweit tätig. Er hat mehr als 13 Jahren Erfahrung in der Projektierung, Ausschreibung, Prüfung und Projektleitung von HS-Kabelanlagen bis 500 kV und begleitete in dieser Zeit Dutzende HS-Kabelprojekte. Zu seinen Referenzen gehört auch die umfassende Machbarkeitsstudie der 380/220 kV Kabelleitung Airolo-Lavorgo, welche 2012 erstellt wurde und mit welcher der Entwurf des BFE Bewertungsschemas überprüft wurde. In der Schweiz zählen die Repower, FMV, ewz SBB Energie, SBB Infrastruktur, AIL, Brugg Cables, Hitachi Zosen und verschiedene Ingenieurbüros zu seinen Kunden. Gemeinsam mit einer Schwedischen Firma entwickelt Braavos die webbasierte Software cableizer.com zur Projektierung von Energiekabelanlagen.

1 Aufgabe und Fazit

1.1 Aufgabenstellung

Am 17. Februar 2017 hatte Swissgrid verschiedene Korridorvarianten für die neue 380-kV-Reusstalleitung vorgestellt und Behörden und Organisationen zur Stellungnahme aufgerufen. Die meisten der befragten Gemeinden und Organisationen wählten Korridor 5 (Erdverkabelung auf der ganzen Strecke zwischen Niederwil und Obfelden) als die bestmögliche Variante. Bei Durchsicht der zu Grunde liegenden BFE-Dokumente bekam die Gemeinde Niederwil AG den Eindruck, dass darin enthaltene Behauptungen zu Kosten und Technik von Erdkabelleitungen nicht nachvollziehbar oder nicht detailliert genug vorhanden sind.

Die Gemeinde Niederwil AG hat Herrn Damian Aegerter von Braavos GmbH gebeten, in einem ersten Schritt als ausgewiesener, unabhängiger Experte für Hochspannungskabelanlagen einen Bericht zu den vom Bundesamt für Energie (BFE) vorgelegten Unterlagen über das SÜL 611 «Leitungszug Niederwil – Obfelden» zu erstellen. Der Bericht soll die Bewertungen der Varianten nach dem BFE Bewertungsschema für Übertragungsleitungen [6] und den dazugehörigen erläuternden Bericht kritisch hinterfragen und prüfen, inwiefern die Unterlagen den Qualitätsanforderungen an eine Kabel- und Variantenstudie genügen. Es soll geprüft werden, ob ausreichend detaillierte und überprüfbare technische und finanzielle Angaben enthalten sind.

Der Bericht wird in die offizielle Stellungnahme der Gemeinde Niederwil AG zur Leitungsplanung einfliessen.

1.2 Fazit

Eine Überprüfung der Varianten hinsichtlich Technik und Kosten ist nicht möglich, da die dazu notwendigen Informationen fehlen. Es wurde ein Fragekatalog erstellt, der vom Bundesamt für Energie zu bearbeiten ist. Bereits in der Stellungnahme von Prof. Brakelmann und Prof. Jarass [9] gestellte Fragen wurden in diesem Bericht nicht unnötig wiederholt, sie werden aber vom Verfasser bestätigt.

Die ausstehenden Informationen und die Antworten zu den Fragen ermöglichen erst, eine überprüfbare, fundierte Variantenstudie durchzuführen, welche den erforderlichen Qualitätsanforderungen an eine solche Arbeit genügt.

Stetten, 27. Februar 2020

Braavos GmbH
High Voltage Systems Engineering & Consulting

Damian Aegerter
Geschäftsführer

2 Fragenkatalog

Frage 1: Fehlende Vollverkabelung

Anstelle einer Vollverkabelung wurde eine Korridorvariante mit einer Kabelleitung ab UW Niederwil bis zur Autobahn bei Zwillikon untersucht. Bei Zwillikon wäre ein Übergangsbauwerk notwendig mit entsprechenden Kosten-, Flächen- und Unterhaltsbedarf. Dieser Übergang befindet sich noch knapp 2 km vor dem UW Obfelden in welchem die Kabel direkt in einem Leitungsfeld enden würden, in welchem bereits Leistungsschalter, Trenner und Wandler für das entsprechende Leitungsfeld vorhanden wären. Eine durchgehende Kabelanlage von UW zu UW würde auch die Projektierung, den Bauablauf und die Ausführung wesentlich vereinfachen da ein Grossteil komplexer Schnittstellen entfiele.

Frage: Warum wurde eine Vollverkabelung trotz ihrer Vorteile nicht untersucht?

Frage 2: Nicht hinreichende Begründung

Im erläuternden Bericht [1], Kap. 11 steht: "Die Beurteilung der zu evaluierenden Varianten [...] hat ergeben, dass eine Verkabelung bei der Querung des BLN-Objektes «Reusslandschaft» angezeigt ist, [...] dass im Rahmen der Erarbeitung des Detailprojektes zu prüfen ist, ob die Verkabelung [...] bis zur Autobahn bei Zwillikon weitergeführt werden soll. Damit fallen auch die reinen Vollverkabelungsvarianten weg."

Dass sich eine Verkabelung im BLN-Gebiet anzeigt und eine Weiterführung bis nach Obfelden zu prüfen ist, kann nicht Begründung sein, dass eine Vollverkabelung nicht angezeigt ist. Dies ist keine hinreichende Begründung.

Frage: Wie wird begründet, dass eine Vollverkabelung nicht angezeigt ist, insbesondere da eine Vollverkabelung gar nie wirklich geprüft wurde?

Frage 3: Bündelung

In der Beurteilung wurde mehrfach auf den Punkt 4.4 aus dem erläuternden Bericht [1], Kap. 12 verwiesen: "die Möglichkeiten für eine Bündelung der 380/220 kV-Leitung der Swissgrid mit der 110 kV- Leitung der Axpo [...]". Insbesondere wurde in der Variante Freileitung das Argument angeführt, dass eine Bündelung mit dieser Leitung von Vorteil ist.

Diese 110 kV Leitung ist heute bereits erdverlegt zwischen Niederwil und Fischbach-Göslikon. Eine Bündelung als Kabel wäre auch auf der ganzen Länge, inkl. dem BLN Gebiet, problemlos möglich.

Frage: Warum wurde die sich bietende Möglichkeit der Verkabelung der 110 kV Leitung zwecks Bündelung und der damit einhergehenden positiven Beeinflussung der Umwelt und des Landschaftsbildes in den Kabelvarianten nicht positiv beurteilt?

Frage 4: Gefahrenpotential

Die Gefährdung durch Dritte wird bei der Kabelleitung als höher beurteilt. Dabei wird erklärt, dass eine "Beschädigung des Kabels z.B. durch Grabarbeiten/Sondierbohrungen etc. möglich" sei. Hier muss man klar

unterscheiden zwischen einer 400 kV Kabelanlage gebaut nach heutigem Stand der Technik und Ausführungsbestimmungen, mit GPS-bestimmter Einmessung, in stabilen und langlebigen Kabelschutzrohren, in einem massiven Betonrohrblock mit mehreren, darüber liegenden, nicht verrottenden und gut erkennbaren Trassierbändern auf der einen Seite und der Vielzahl an alten Mittelspannungskabelanlagen, teilweise direkt in Erde verlegt, häufig mit alten Decksteinen geschützt, typischerweise ohne Trassierband, und oft nachträglich approximativ eingemessen auf der anderen Seite. Dass bei einer Grabung unbeabsichtigt eine solche, neu gebaute Höchstspannungskabelanlage übersehen und beschädigt wird, ist quasi undenkbar. Unbeabsichtigte Beschädigungen sind den Kabeln der Mittel- und tiefen Hochspannung vorbehalten. Auf der Höchstspannungsebene kommen diese schlicht nicht vor.

Frage:

Auf welcher Basis wird eine Höchstspannungskabelanlage mit einem höheren Gefahrenpotential bewertet?

Frage 5: Biotope

Im erläuternden Bericht [1], Kap. 8.2.3 "Im Korridor liegen verschiedene andere Biotope gemäss Artikel 18 NHG wie Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung, Hecken, Reptilieninventare Uferbereiche mit Ufervegetation u. dgl. Eine Beeinträchtigung dieser Objekte lässt sich mit keiner Linienführung für eine Kabelleitung [...] vermeiden". Diese Beurteilung fliesst als negative Bewertung in die Kabelvarianten ein. Demgegenüber wird festgehalten, dass sich eine Beeinträchtigung "mit angepassten Maststandorten, welche auf schützenswerte Lebensräume Rücksicht nehmen, grösstenteils vermeiden [lässt].". Jedes Biotop lässt sich bei Kabelleitungen entweder umgehen oder unterqueren ohne negativen Einfluss zu hinterlassen. In den Waldgebieten kann zudem die Kabelleitung in den bestehenden Waldstrassen verlegt werden und hat somit keinen negativen Einfluss. Auch ausserhalb der Wälder wird man die Kabelleitung soweit als möglich in oder entlang von Wegen und Strassen bauen da dies auch der Intervention im Ereignisfall dient. Weiter wird in den Bewertungsschemata geschrieben: "Eine Auflistung der übrigen vorhandenen Biotope ist im Kapitel 7 gegeben". In Kapitel 7 des Berichts findet sich aber keine Auflistung. Eine Beurteilung ist damit nicht möglich.

Frage:

Warum wurden bei den Kabelvarianten in der Beurteilung der übrigen Biotope nach Art. 18 NHG eine "Grossflächige Beeinträchtigung" attestiert und welche Biotope gemäss Artikel 18 NHG wurden berücksichtigt?

Frage 6: Kombination nicht untersucht wegen Technik und Umwelt

Im erläuternden Bericht [1], Kap. 8.4 steht: "Ebenso kann die Variante «Teilverkabelung Niederwil-FGö», welche in erster Linie die Anliegen der betroffenen Anwohner und die lokale Naherholung berücksichtigt und vom Kanton Aargau priorisiert wurde, nicht empfohlen werden, weil sie dem gesetzlich vorgeschriebenen Schutz des BLN-Objektes nicht Rechnung trägt.".

Im Kap. 7.4.3 steht zudem "Für den weiteren Leitungsverlauf geht diese Korridorvariante von einer Freileitung aus." Es wurde also nicht geprüft, *sowohl* den Abschnitt Niederwil – Fischbach-Göslikon *als auch* das BLN-Objekt 1305 "Reusslandschaft" zu verkabeln. Dabei muss dem Planer und Swissgrid von Beginn weg klar gewesen sein, dass eine Freileitung in diesem BLN-Gebiet nicht bewilligungsfähig ist. Die Variante Teilverkabelung Niederwil – Fischbach-Göslikon ohne eine Verkabelung des BLN Gebiets war eine reine Alibiübung ohne Mehrwert. Im Kap. 7.4.3 steht dazu: "Andererseits wurde die Kombination «Teilverkabelung FiGö» und «Teilverkabelung BLN» mit der Querung der dazwischenliegenden Waldgebiete mittels Freileitung zum Vornherein nicht weiter geprüft, weil eine solche Leitungsführung sowohl technisch wie umweltmässig wenig

Sinn machen würde und auch in Bezug auf die Kosten nicht zu rechtfertigen wäre.". Leider entbehren der Bericht und die Bewertungsschemata der weiteren Erklärung warum dies technisch und umweltmässig keinen Sinn machen würde.

Frage:

Warum wurde die Teilverkabelung Niederwil – Fischbach-Göslikon ohne Verkabelung BLN untersucht obwohl von Beginn weg feststehen müsste, dass eine Verkabelung im BLN-Gebiet notwendig ist? Und welches sind die technischen und umweltmässigen Gründe, die gegen eine zweifache Teilverkabelung sprechen?

Frage 7: Kombination nicht untersucht wegen Kosten

Im erläuternden Bericht [1], Kap. 7.4.3 steht: "Andererseits wurde die Kombination «Teilverkabelung FiGö» und «Teilverkabelung BLN» mit der Querung der dazwischenliegenden Waldgebiete mittels Freileitung zum Vornherein nicht weiter geprüft, weil eine solche Leitungsführung [...] auch in Bezug auf die Kosten nicht zu rechtfertigen wäre.". Die Kosten sind für die Beurteilung einer Variante nicht unmittelbar relevant. Das Bewertungsschema schreibt vor, dass der Pfeiler Wirtschaftlichkeit anhand einer "Kosten-Nutzen-Analyse über die gesamte Lebensdauer des geplanten Ausbauprojektes beurteilt" wird. Das Bundesgericht stellt fest (BGE 137 II 266 E. 4.3 vom 5. April 2011), dass "kein Grund ersichtlich [ist], bei der Interessenabwägung ausschliesslich auf die Investitionskosten abzustellen.". Zudem legt das Bewertungsschema nicht fest, mit welchem Mehrkostenfaktor eine Variante zu bevorzugen oder zu verwerfen ist. Dies zu beurteilen, ist ein politischer Entscheid. Hier wurde jedoch eine Variante gar nicht erst untersucht, weil vorgängig, ohne brauchbare Faktenlage, entschieden wurde, dass die Investitionskosten zu hoch seien. Dieses Vorgehen ist so nicht zulässig.

Frage:

Wieso wird die Variante Kombination auf Basis von unzulässigen Argumenten verworfen resp. durch eine von vorne herein klar nicht realisierbarer Variante (ohne Verkabelung BLN) ersetzt?

Frage 8: Kostenfaktor

Im erläuternden Bericht [1], Kap. 7.4.2 werden verschiedene Mehrkostenfaktoren verglichen. Die Leitung Riniken hatten einen Mehrkostenfaktor von 0.66 bis 1.83 gegenüber einem Mehrkostenfaktor der Teilverkabelung im BLN Gebiet von 5.76. Es ist gänzlich unerklärlich wie die kurze Kabelanlage Riniken mit zwei teuren Übergangsbauwerke auf 1.3 km eine derart grosse Differenz zum jetzt berechneten Mehrkostenfaktor haben kann. Die Muffenstandorte sind im Vergleich zu den Übergangsbauwerken fast vernachlässigbar. Das heisst, je länger eine Kabelleitung wird, desto günstiger wird auch der Preis pro km. Auch die grabenlose Querung der Reuss kann dies nicht erklären, gab es doch bei Riniken eine aufwändige Unterquerung der Bahnlinie. Und ausserhalb der Reussquerung stellt der Korridor für eine Verkabelung keine besonderen Probleme dar, welche erhöhte Baukosten erklären könnten. Somit lässt sich dieser hohe Mehrkostenfaktor ohne die detaillierte Kostenberechnung und ohne detaillierten technischen Beschrieb nicht beurteilen.

Frage:

Wie wird der ungewöhnlich hohe Kostenfaktor von 5.76 erklärt? Und inwiefern ist dieser für eine Vollverkabelung anwendbar?

Frage 9: Projektierende

Im Handbuch zum Bewertungsschema Übertragungsleitungen [7] steht: "In der Begleitgruppe sind ARE, BAFU, ESTI, BAV, Swissgrid, eine nationale und eine lokale Umweltschutzorganisation, Projektierende sowie der betroffene Kanton mit je einer Stimme vertreten.". Es ist nicht ersichtlich wer die "Projektierende" in der Begleitgruppe zum SÜL 611 waren und ob diese unabhängig vom Begleitgruppenvertreter Swissgrid waren. Stand der Projektierende im Auftragsverhältnis zur Swissgrid, kann dieser nicht unabhängig sein.

Nur ein unabhängiger Planer von Hochspannungskabelanlagen kann dieser Aufgabe gerecht werden. Dies ist insbesondere wichtig bei der Trassenfindung und der Dimensionierung der Kabel, welche beide einen direkten Einfluss auf den Kostenfaktor haben. Zumal der Kostenfaktor ausserordentlich hoch berechnet wurde, stellt sich die Frage, ob der Projektierende seine Aufgabe korrekt ausgeführt hat.

Frage:

Wer war der Projektierende und war dieser effektiv unabhängig?

Frage: 10: Kabeldesign und Rohrblock

Im Handbuch zum Bewertungsschema Übertragungsleitungen [7] steht: "Grundsätzlich sind die Dimensionierungsgrundlagen für alle Varianten (wie z.B. Leiter-/ Kabelquerschnitte, [...] zu dokumentieren und einzureichen.". In den Unterlagen des BFE zum SÜL 611 sind dazu jedoch keine Unterlagen und keine Angaben vorhanden. Es ist anzunehmen, dass der Kostenvergleich mit verhältnismässig teuren 2500mm^2 Cu Kabel gemacht wurde, d.h. 2 x 3 x 2500mm^2 Cu pro System, insgesamt also 12 x 2500mm^2.

Berechnungen der Belastbarkeit nach IEC 60287 [10] und unter Berücksichtigung der typischen Umgebungsparameter nach IEC 60287-3-2 für das Schweizer Mittelland zeigen, dass bereits mit 2 x 3 x 1200mm^2 Cu verseilt (wohlgemerkt kein teurer Millikenleiter) die 1920 A im Sommer (20°C) problemlos übertragen können, wobei die Leitertemperatur nur ca. 70°C erreichen würden. Im Winter (10°C) können ohne besondere Massnahmen 2310 A übertragen werden. Die Kabel können auch wesentlich günstiger mit gleicher Belastbarkeit mit einem 1600mm^2 Leiter aus verseilten Al-Drähten gefertigt werden oder gar mit einem 1600mm^2 Al-Massivleiter mit annähernd gleicher Belastbarkeit.

Die Modellierung der 6 Kabel erfolgt in Kabelschutzrohren NW200 in einer Tiefe von 1.25 / 1.50 m (geforderte Mindestüberdeckung gemäss Leitungsverordnung 0.80 m). Der Kabelrohrblock ist damit nur 1 m breit und 1.6 m tief, deutlich weniger als in der Präsentation von Swissgrid. Durch die phasenoptimierte Anordnung der zwei Kabel pro Phase ist das Magnetfeld auch ohne Kompensation an der Erdoberfläche mit rund 50 µT deutlich kleiner als die zulässigen 100 µT und die 1 µT Kurve hat eine Ausdehnung von weniger als ±4 m von der Achsmitte, deutlich weniger als die Präsentation von Swissgrid. Ein geringerer Leiterquerschnitt reduziert den Kabeldurchmesser und erhöht dadurch die maximale Fertigungs- und Lieferlänge. So kann die Anzahl der Muffen deutlich reduziert werden, was die Kosten senkt und die Ausfallwahrscheinlichkeit reduziert.

Frage:

Welche Kabel und welche Anordnung wurden für die Dimensionierung der Anlage berücksichtigt und wurde Optimierungspotential im Kabeldesign und Kabelrohrblock berücksichtigt?

Frage 11: Rodungsfläche

Das Bewertungsschema der Verkabelung Bünztal nennt eine Rodungsfläche von 12.5 m x 400 m = 5'000 m2 und dasjenige der Verkabelung Reusstal eine Rodungsfläche von 12.5 m x 3100 m = 38'750 m2. In beiden

Fällen bedeutet dies gem. [7] eine Punktbewertung von Minus 2. In der Präsentation von Swissgrid wurde die Breite eines Rohrblocks mit 1.5 m angegeben und der Abstand zum zweiten Rohrblock mit 1.55 m. Zusammen mit den genannten 4 m auf beiden Seiten ergibt dies eine Breite von rund 12.5 m, was dem Wert aus dem Bewertungsschema entspricht.

Der Rohrblock von Swissgrid enthält aber 4 Rohre nebeneinander. Reserve- oder Migrationsrohre sind überflüssig, da bei einem Doppelsystem bereits eine ausreichende Teilredundanz gegeben ist. Rohre für Kommunikation und Eigenbedarf können problemlos eine Lage höher gelegt werden. Ein Betonrohrblock mit drei Rohren NW200 nebeneinander und einem Abstand von 5 cm inkl. hat eine Gesamtbreite von 90 cm, also deutlich weniger als die kommunizierten 1.5 m.

Eine Freihaltung von 4 m auf beiden Seiten ist zudem eine unnötige Massnahme. Wurzelwachstum und die damit einhergehende Austrocknung haben keinen nennenswerten Einfluss auf die Belastbarkeit einer Kabelanlage in einem Betonrohrblock. Dass dies überhaupt als Problem betrachtet wird, rührt fast ausschliesslich aus negativen Ereignissen bei direkt in Erde verlegten Mittelspannungskabeln her. Würden die Kabel ohne Betonrohrblock verlegt, kann man durch Spundwände das Wurzelwachstum verhindern. Somit reduziert sich die erforderliche Trassenbreite auf ca. 3.5 m. Gemäss der Praxishilfe Geometrische Richtwerte von Waldwegen und Waldstrassen des BUWAL [8] darf ein befahrbarer Waldweg eine Mindestbreite von 3.2-3.3 m nicht unterschreiten. Somit kann die Kabelanlage in aller Regel in einer Waldstrasse untergebracht werden.

Betrachtet man weiter die Variante Verkabelung Reusstal mit etwas Ortskenntnissen, so sieht man, dass fast die gesamte Trasse zwischen Ausgangs Fischbach-Göslikon (Tannwaldstrasse) bis Ausgangs Bremgarten (Luzernerstrasse) problemlos in einer gut ausgebauten Waldstrasse verlaufen kann. Die Waldstrasse verläuft auf einem längeren Abschnitt neben der Bahnlinie der BDWM Transport AG und ist durchgehend gut ausgebaut. Die Waldstrasse hat ausreichend Abstand zur Bahnlinie und dazwischen befinden sich Sträucher und keine grossen Bäume mit entsprechenden Wurzeln. Da die Wohlerstrasse und die Bahnlinie sowieso unterquert werden müssen, könnte man beide zusammen mittels gesteuerter Bohrung queren und damit auch gleich einen ca. 150 m lange Waldabschnitt ohne später erforderliche Niederhaltung unterqueren. Diese ganze Trassenführung liegt auch innerhalb des Planungsgebiets.

Frage:

Wie kommt die Rodungsfläche von 12.5 x 3100 m zustande? Und wurde berücksichtigt, dass sich im untersuchten Trassenbereich ideale Waldstrassen befinden?

Frage 12: Belastbarkeit

Die Belastbarkeit wird im Winter mit 2400 A und einem Lastfaktor von 0.80 angegeben. Die Energiekabel und insbesondere im Boden verlegte, dickwandige 400 kV Kabel sind thermisch sehr träge. Ein einzelnes Kabelsystem mit 2500mm^2 Cu kann diese Last typischerweise nicht tragen. Aber selbst bei einer Vorbelastung von 60°C am Leiter, was sich bei rund der Hälfte der Last ergibt, kann das eine Kabelsystem eine Stunde lang dauernd und ohne Lastfaktor rund 4000 A und 6 Stunden lang die 2400 A tragen. Über 24 Stunden lang kann rund 2000 A Dauerlast (Lastfaktor 100%) übertragen werden.

Frage:

Warum wird die thermische Trägheit der Hochspannungskabel nicht realistisch berücksichtigt und stattdessen ein unrealistisches Belastungsszenarien vorgegeben, welches einen unnötig grossen Leiterquerschnitt und damit einhergehende hohe Investitionskosten bewirkt?

Frage 13: DTS/RTTR

Mittels einem heute bereits oft eingesetzten *Distributed Temperature Sensing* (DTS) und einem ergänzenden *Real Time Thermal Rating* (RTTR) System kann die Temperatur am Leiter sehr genau berechnet und beobachtet werden und es ist auch möglich realistische, prädiktive Last- und Temperaturverläufe zu bestimmen. Der Verfasser hat jahrelange Erfahrung mit dieser Technologie und seine Firma entwickelte ein RTTR für einen namhaften Hersteller von DTS Messsystemen, welches sogar die sich ändernden Umgebungsbedingungen adaptiert [11].

Netzbetreiber, insbesondere bei Transitleitungen und Seekabelanlagen, verwenden diese Technologie sogar um die Kabel bewusst deutlich zu überlasten, um in Zeiten hoher Strompreise mehr Energie übertragen und verkaufen zu können. Für einen Übertragungsnetzbetreiber steht die Sicherheit seiner Kabelanlage im Vordergrund, wobei er mittels DTS/RTTR sicherstellen kann, dass die zulässigen Temperaturen der Kabel nicht überschritten wird.

Frage:

Warum wird die Möglichkeit der Kabeloptimierung mittels DTS / RTTR nicht in Betracht gezogen?