# Hochspannungsleitungen in der Schweiz

## mit Messungen des magnetischen Feldes

Maturaarbeit

von Martina Ledergerber
an der Interstaatlichen Maturitätsschule für Erwachsene
St. Gallen/ Sargans

**Inhaltsverzeichnis** ..... I
**1 Einleitung** ..... 1
1.1 Problemstellung und Ziel der Arbeit ..... 1
1.2 Vorgehen und Methoden ..... 1
1.3 Aufbau der Arbeit ..... 1
**2 Ausgangslage Schweiz** ..... 2
2.1 Eckdaten des Schweizer Übertragungsnetzes ..... 2
2.2 Akteure im Schweizer Hochspannungsgeschäft ..... 2
2.2.1 Swissgrid ..... 2
2.2.2 Bundesamt für Energie ..... 2
2.2.3 Bundesamt für Umwelt ..... 2
2.2.4 Schweizer Elektrizitätsunternehmen ..... 3
2.2.5 Verein Hochspannung unter den Boden ..... 3
**3 Grundlagen zum Transport von Energie** ..... 4
3.1 Definition Strom ..... 4
3.1.1 Wechselstrom ..... 4
3.2 Einteilung von Übertragungsspannungen ..... 4
3.3 Freileitungen ..... 5
3.4 Verkabelung ..... 5
3.5 Technologien der Zukunft ..... 6
3.5.1 Gleichstrom ..... 6
3.5.2 Supraleiter ..... 6
**4 Auswirkungen der Hochspannung** ..... 8
4.1 Theoretische Grundlagen ..... 8
4.1.1 Elektromagnetisches Spektrum und Strahlung ..... 8
4.1.2 Das elektrisches Feld ..... 9
4.1.3 Das magnetische Feld ..... 9
4.1.4 Verordnung zum Schutz gegen nichtionisierende Strahlung ..... 10
4.1.5 Leiteranordnung und Phasenoptimierung ..... 11
4.1.6 Elektrisches und magnetisches Feld einer Kabelleitung ..... 13
4.2 Auswirkungen auf die Gesundheit ..... 13
4.2.1 Starke Belastung ..... 13
4.2.2 Unterschwellige Belastung ..... 14
4.2.3 Beispiel Talacherhof ..... 14

**5 Neubau von Hochspannungsleitungen ... 15**
5.1 Strategisches Netz 2015 ... 15
5.2 Ablauf Neubau ... 15
5.3 Verfahrensbeschleunigung ... 16
5.4 Prüfungs- und Beurteilungsschema ... 17
**6 Das Netz der Zukunft ... 18**
6.1 Energiestrategie 2050 ... 18
6.2 Zielnetz 2035 ... 18
**7 Messung des magnetischen Feldes ... 19**
7.1 Vorgehen und Methode ... 19
7.1.1 Messgerät ... 19
7.1.2 Messanordnung ... 20
7.2 Leitungen Flawil-Gossau und Fürstenland ... 21
7.2.1 Angaben zu den Leitungen ... 21
7.2.2 Messresultat ... 22
7.3 Leitung Bazenheid-Oberuzwil ... 23
7.3.1 Angaben zur Leitung ... 23
7.3.2 Messresultat ... 24
7.4 Leitung Katzensee Nord und Süd ... 24
7.4.1 Angaben zur Leitung ... 24
7.4.2 Messresultat ... 25
7.5 Interpretation der Messungen ... 26
7.6 Beispiel eines Messberichtes von Elektrosuisse ... 27
7.7 Exkurs Mikrowelle ... 27
**8 Schlussbemerkungen ... 29**
8.1 Allgemeine Schlussbemerkungen ... 29
8.2 Persönlicher Rückblick ... 29
**Literaturverzeichnis ... 30**
**Abbildungsverzeichnis ... 33**
**Tabellenverzeichnis ... 34**
**Abkürzungsverzeichnis ... 35**
**Anhang ... 36**
Interviews ... 36
Erklärung ... 52

# 1 Einleitung

Hochspannungsleitungen prägen die schweizerische Landschaft. Sie gehören dazu, es braucht sie, oft nimmt man sie nicht einmal bewusst wahr. Auch mir sind die Hochspannungsleitungen erst wirklich ins Bewusstsein gerückt, als es vor wenigen Jahren darum ging, dass eine Hochspannungsleitung quer über die landwirtschaftliche Nutzfläche meiner Eltern gebaut werden sollte. Direkt damit konfrontiert, nimmt man Freileitungen mit ganz anderen Augen wahr, fragt sich welche Alternativen es gäbe und ob sich elektromagnetische Strahlung auf die Gesundheit auswirkt.

Diesen und weiteren Fragen möchte ich im Rahmen meiner Maturaarbeit auf den Grund gehen.

## 1.1 Problemstellung und Ziel der Arbeit

Das Hochspannungsnetz der Schweiz gerät an seine Grenzen und muss erneuert und ausgebaut werden. Im Fokus meiner Arbeit steht daher die Frage nach der Zukunft des Schweizer Hochspannungsnetzes. Es ergeben sich aber noch weitere Fragen, denen ich auf dem Grund gehen möchte:

Welche technischen Alternativen gibt es im Bereich der Hochspannung?
Wie kann man sich gegen einen Aus- oder Neubau wehren?
Wie sind die Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier?

## 1.2 Vorgehen und Methoden

Um die nötigen Informationen für meine Maturaarbeit zu erhalten, werde ich verschiedene Vorgehensweisen und Methoden anwenden. Für den Theorieteil lassen sich in Literatur und Internet viele Informationen finden, welche ich durch Interviews ergänzen werde. Im Praxisteil möchte ich mit Messungen versuchen, eine Quantifizierung der elektromagnetischen Strahlung zu erhalten.

## 1.3 Aufbau der Arbeit

Das folgende zweite Kapitel legt die Ausgangslage in der Schweiz dar. Das dritte und das vierte Kapitel befassen sich mit den Grundlagen des Stromtransports und den Auswirkungen von Hochspannung. Den Ablauf bei einem Neubau und die Zukunft generell, erläutern die Kapitel fünf und sechs. Im siebten Kapitel werden die Resultate der Messungen dargelegt.

# 2 Ausgangslage Schweiz

## 2.1 Eckdaten des Schweizer Übertragungsnetzes

Zum Übertragungsnetz werden Hoch- und Höchstspannung gerechnet. In der Schweiz sind das Spannungen von 220 kV (Hochspannung) und 380 kV (Höchstspannung). Das Schweizerische Übertragungsnetz hat eine Länge von insgesamt 6700 km. Rund zweidrittel der Leitungen sind über 40 Jahre alt, dies macht in den nächsten Jahren Erneuerungen notwendig. (Swissgrid, 2012b, S. 14)

## 2.2 Akteure im Schweizer Hochspannungsgeschäft

### 2.2.1 Swissgrid

Im Jahre 2007 wurde in der Schweiz die Produktion, der Handel und der Vertrieb von Strom gesetzlich getrennt. Seither ist Swissgrid für den Betrieb des Übertragungsnetzes verantwortlich und seit Januar 2013 auch Eigentümerin. Sie beschäftigt rund 370 Mitarbeitende an den Standorten Frick, Laufenburg und Vevey. Swissgrid ist im Besitz von 17 Schweizer Elektrizitätsunternehmen, die Hauptaktionäre sind Axpo Power, Alpiq und BKW. Die wichtigste Aufgabe ist die Wahrung des Gleichgewichtes zwischen Stromverbrauch und Stromproduktion, die Instandhaltung und der Ausbau des Netzes. (Swissgrid, 2011, S. 17)

### 2.2.2 Bundesamt für Energie

Die Kernaufgabe des Bundesamt für Energie (BFE) ist die Umsetzung der Energiepolitik der Schweiz, insbesondere der Energiestrategie 2050 mit dem Ausstieg aus der Atomenergie (siehe Kapitel 6.1). Im Bereich der Hochspannung hat das BFE den Auftrag, den Ausbau der Stromnetze, die internationale Zusammenarbeit und die Energieforschung zu fördern. (Bundesamt für Energie [BFE], ohne Datum)

Eine Fachstelle des BFE ist das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI). Das ESTI ist unter anderem zuständig für die Prüfung und Genehmigung von Neubauprojekten im Bereich der Hochspannung und für die Sicherheitsüberprüfung von bestehenden Anlagen. (Eidgenössisches Starkstrominspektorat [ESTI], ohne Datum)

### 2.2.3 Bundesamt für Umwelt

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) ist die Fachstelle für nichtionisierende Strahlung (siehe Kapitel 4.1.1) auf Bundesebene. Die Abteilung Lärm und NIS (nichtionisierende Strahlung)

hat die Aufgabe Mensch und Umwelt vor NIS zu schützen. Grundlage ist die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV), welche im Kapitel 4.1.4 thematisiert wird. Das BAFU informiert die Bevölkerung über mögliche Gefahren mittels wissenschaftlichen Publikationen. (Bundesamt für Umwelt [BAFU], 2012)

### 2.2.4 Schweizer Elektrizitätsunternehmen

Eine wichtige Rolle im Schweizer Hochspannungsgeschäft sind die Elektrizitätsunternehmen, wie beispielsweise die Axpo. Die Axpo AG (bis 2010 NOK) besteht aus der Axpo Power AG, der Axpo Trading AG und den Centralschweizerische Kraftwerke AG und gehört den Nordostschweizer Kantonen. (Axpo, ohne Datum)

Neben der Axpo gibt es weitere grössere und kleinere Elektrizitätsunternehmen, die in der vorliegenden Arbeit jedoch nur am Rande erwähnt werden.

### 2.2.5 Verein Hochspannung unter den Boden

Der Verein Hochspannung unter den Boden (HSUB) wurde im Jahre 2007 gegründet. Wie der Name schon sagt, geht es dem Verein hauptsächlich darum, dass die Verkabelung von Hochspannungsleitungen als Option wahrgenommen wird. Um dieses Ziel zu erreichen, setzt HSUB vor allem auf die Information der Bevölkerung und dem Austausch mit den Netzbetreibern. Auf politischer Ebene ist HSUB durch den Nationalrat Jean-Françoi Steiert sehr gut vertreten, er ist zugleich der Präsident von HSUB. Der Verein unterstützt seine rund 30 Mitgliedsgemeinden und rund 50 Einzelmitglieder vor allem durch Beratung und der Vermittlung von juristischem Beistand. Die Mitglieder sind häufig selbst vom Neu- oder Ausbau von Freileitungen betroffen. (Kneubühler, Interview, 11. September 2013)

Ein wichtiger Erfolg für HSUB war der Fall Riniken. Dank der Unterstützung des Vereins konnte der Streitpunkt Freileitung oder Verkabelung bis vor Bundesgericht gebracht werden. Der Geschäftsführer von HSUB, Hans Kneubühler, sagt dazu: „Ein Grosserfolg, über den wir sehr glücklich sind, ist der Fall Riniken. (...) Dort lag es einmal an einer Stimme in einer Gemeindeversammlung, ob der Kredit, um vor das Bundesgericht zu gehen, bewilligt würde. Es war sehr knapp, wenn es die Unterstützung des HSUB nicht gegeben hätte, dann wäre es nicht so weit gekommen und es hätte keinen Bundesgerichtsentscheid zugunsten einer Teilverkabelung gegeben.“ (Interview, 11. September 2013)

# 3 Grundlagen zum Transport von Energie

## 3.1 Definition Strom

Elektrischer Strom ist definiert als die Bewegung von Elektronen in einem Leiter, wobei Energie übertragen wird. Es gibt zwei unterschiedliche Arten der Übertragung, Wechselstrom und Gleichstrom. (Wagner, 2010)

### 3.1.1 Wechselstrom

Bei Wechselstrom bewegen sich die Elektronen, im Gegensatz zu Gleichstrom, nicht in einem gleichförmigen geschlossenen Kreislauf, sondern wechseln mit einer bestimmten Frequenz ihre Bewegungsrichtung. Beim Fluss von Strom kommt es zu Übertragungsverlusten, die aufgrund des Ohmschen Widerstandes entstehen. Ein Teil der Energie der Elektronen wird in Wärme umgewandelt. Der Vorteil des Wechselstrom besteht in der einfach zu ändernden Spannung. Je höher diese ist, desto geringer sind Übertragungsverluste.

Der grosse Nachteil des Wechselstrom ist, dass beim Transport über lange Strecken die Verluste sehr gross werden. Dafür verantwortlich sind verschiedene physikalische Phänomene, welche bei Gleichstrom nicht auftreten. (Wagner, 2010)

Der Stromtransport in der Schweiz erfolgt mit Wechselstrom.

## 3.2 Einteilung von Übertragungsspannungen

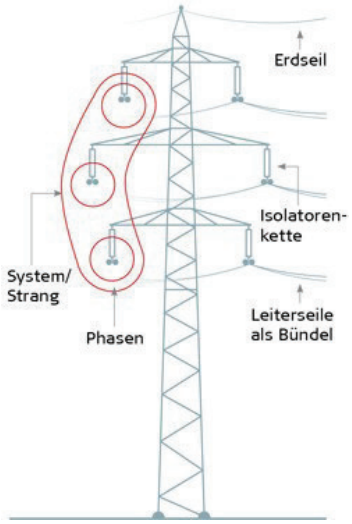
Übertragungsspannungen werden je nach Spannung unterschiedlich bezeichnet. Spannungen unter 1 kV werden als Niederspannung, zwischen 1 kV bis 45 kV als Mittelspannung, der Bereich von 45 kV bis 300 kV als Hochspannung und der Bereich ab 300 kV als Höchstspannung bezeichnet. (Kaintzyk, Kiessling & Nefzger, 2001, S. 6)

Je höher die Übertragungsspannung, desto geringer sind Leistungsverluste. Die Höchstspannung wird für den überregionalen Energietransport eingesetzt, kleinere Spannungen im regionalen Verteilnetz bis hin zur Niederspannung, mit welcher die einzelnen Haushalte versorgt werden. (Kaintzyk et al., 2001, S. 7)

In der Schweiz werden Nieder- und Mittelspannung heute grundsätzlich mittels Kabelleitungen übertragen. Bei Hoch- und Höchstspannung überwiegen die Freileitungen. (Swissgrid, 2013a, S. 4)

## 3.3 Freileitungen

Abbildung 1: Aufbau einer Freileitung

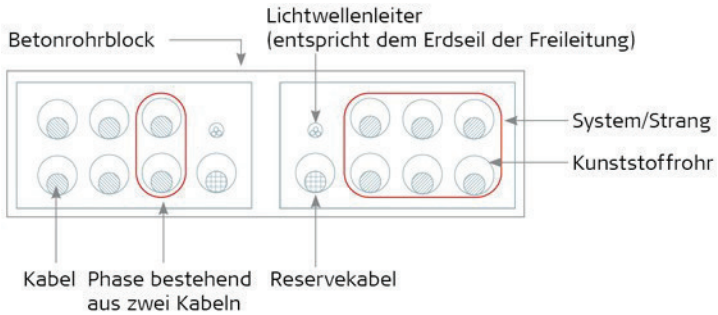



Aus:http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/grid/technologies/overhead_underground_cabling.html

Die oberirdischen Freileitungen bestehen aus Phasenleiter und Erdseil, die auf Masten aufgespannt sind, wie in Abbildung 1 ersichtlich. Die Leiterseile werden durch die umgebende Luft isoliert und die durch den Widerstand der Leitung entstehende Wärme wird an die Umgebung abgegeben. Die in der Schweiz am häufigsten verwendeten Aldrey-Leiterseile bestehen aus einer Legierung aus Aluminium, Magnesium und Silicium. Die Leiterseile müssen in einem gewissen Abstand zueinander sein, damit es nicht zu Stromüberschlägen kommen kann. (Swissgrid, 2013b)

## 3.4 Verkabelung

Abbildung 2: Aufbau eines Erdkabels




Aus:http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/grid/technologies/overhead_underground_cabling.html

Im Gegensatz zu den Freileitungen sind die Kabel bei einer verkabelten Hochspannungsleitung isoliert. Dazu werden Kunststoffe (z.B VPE-Kabel) oder Gas eingesetzt. Die bei Stromfluss entstehende Wärme wird von der umgebenden Erde relativ langsam aufgenommen. Daher ist es wichtig, dass die Kabel in genügend grossem Abstand zueinander verlegt werden, damit es nicht zu einer gegenseitigen Erwärmung kommt. Zudem verhindert die Gefahr der Überwärmung einen hohen Stromfluss. Im Gegensatz zur Freileitung kann jedoch ein grösserer Leiterquerschnitt eingesetzt werden, wodurch der geringere Stromfluss aufgrund von Überwärmung wieder relativiert wird. (Swissgrid, 2013b)

## 3.5 Technologien der Zukunft

### 3.5.1 Gleichstrom

Wie im Kapitel 3.1 erwähnt ändert sich bei Gleichstrom die Richtung des elektrischen Stroms nicht. Die Kraftwerke erzeugen Wechselstrom und die Umwandlung in Gleichstrom ist mit der heutigen Technologie aufwendig und teuer. Deshalb zahlt sich ein Einsatz im Übertragungsnetz noch nicht aus. (Swissgrid, ohne Datum)

Hingegen hat Gleichstrom den grossen Vorteil, dass beim Transport nur der Ohmsche Verlust auftritt und keine zusätzlichen Verluste wie beim Wechselstrom. Dadurch eignet sich Gleichstrom für den Stromtransport über lange Strecken und wird heute beispielsweise schon beim Stromtransport durch Seekabel eingesetzt. (Wagner, 2010)

### 3.5.2 Supraleiter

Die Supraleitung von Metallen ist schon seit vielen Jahren bekannt. Unterhalb der Sprungtemperatur leiten gewisse Metalle elektrischen Strom ohne Widerstand und somit ohne Verluste. Entdeckt wurde dieser Effekt bei Quecksilber, welches unterhalb von 4.2 K (-268.95 ° C) als Supraleiter fungiert. Die Sprungtemperatur ist jene Temperatur, bei welcher sich die physikalischen Eigenschaften eines Stoffes ändern, es stehen die quantenmechanischen Eigenschaften im Vordergrund.

Die Anwendung der Supraleiter war jedoch lange auf wenige Einsatzgebiete beschränkt, da es nicht gelang eine Legierung zu finden, die eine Sprungtemperatur über 30 K (-243.15 °C) aufwies. Erst 1986 entdeckten Schweizer Forscher die sogenannten Hochtemperatursupraleiter (HTS), die aus keramischen Metalloxiden bestehen. Die Substanz $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8+d}$ weist als Spitzenreiter eine Sprungtemperatur von 133 K (-140 °C) auf. Daher kann auf die aufwendige und teure Kühlung mit flüssigem Helium verzichtet werden. Als Kühlmittel kann

bei diesen Stoffen beispielsweise flüssiger Stickstoff verwendet werden. (Universität Zürich: Physik-Institut, 2011, S. 1-2)

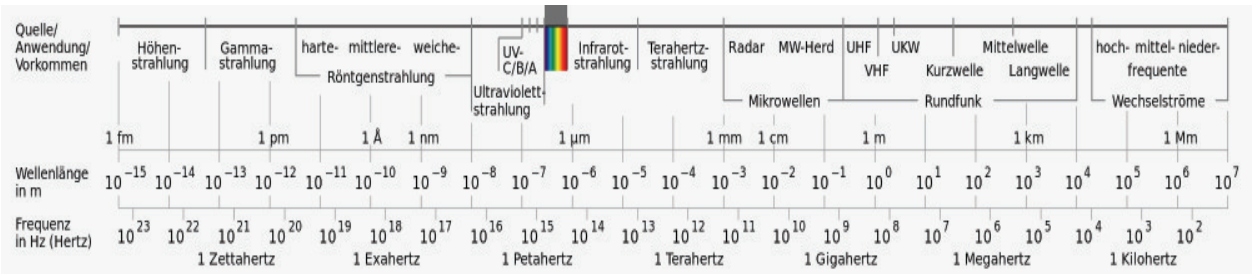
Für den Stromtransport waren die entdeckten Metalloxide aufgrund ihrer geringen Leitfähigkeit und ihrer pulvrigen Beschaffenheit nicht geeignet. Inzwischen sind diese Schwierigkeiten behoben und HTS-Drähte, die den Strom etwa hundertmal besser als Kupferdraht leiten, werden produziert. Jedoch belaufen sich auch die Kosten auf ein Vielfaches. Im Bereich der Hochspannung wurden in den letzten Jahren erste kurze HTS-Kabelstrecken verlegt. Für weite Distanzen ist die Supraleitungstechnik derzeit noch keine Option, da die Produktion des HTS-Drahtes bei weitem nicht ausreicht. (Hnida, 2011)

# 4 Auswirkungen der Hochspannung

## 4.1 Theoretische Grundlagen

### 4.1.1 Elektromagnetisches Spektrum und Strahlung

Abbildung 3: Das Elektromagnetische Spektrum




Aus: http://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches_Spektrum

Wie in der Abbildung 3 ersichtlich, besteht das elektromagnetischen Spektrum aus den verschiedensten Strahlungen. Sie unterscheiden sich auf physikalischer Ebene in der Anzahl Schwingungen pro Sekunde, der Frequenz, welche in Herz (Hz) angegeben wird. Je nach Frequenz weisen Strahlungen ganz unterschiedliche Eigenschaften und Wirkungen auf. (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft [BUWAL], 2005, S. 4)

Es wird unterschieden zwischen ionisierender Strahlung und nichtionisierender Strahlung. Ionisierende Strahlung ist in der Lage, Moleküle und Elektronen zu verändern, dazu gehören die Gamma- und Röntgenstrahlung (BUWAL, 2005, S. 58).

Überall wo elektrischer Strom fliesst entsteht nichtionisierende Strahlung. Oft wird für dafür der Begriff Elektrosmog verwendet (Kanton St. Gallen, ohne Datum).

Nichtionisierende Strahlung hat zu wenig Energie um Moleküle zu verändern. Zu den nichtionisierenden Strahlungen gehören unter anderem Hochfrequenzstrahlung und niederfrequente Felder. Frequenzen von 30 kHz bis 300 GHz werden als Hochfrequenzstrahlung bezeichnet. Bei diesen Strahlungen sind das elektrische und das magnetische Feld gekoppelt.

Bei niederfrequenten Feldern (0 Hz bis 30 kHz) sind das elektrische und das magnetische Feld nicht gekoppelt. Hochspannungsleitungen haben in der Schweiz eine Frequenz von 50 Hz und sind somit Quelle von niederfrequenten Feldern. (BUWAL, 2005, S. 58)

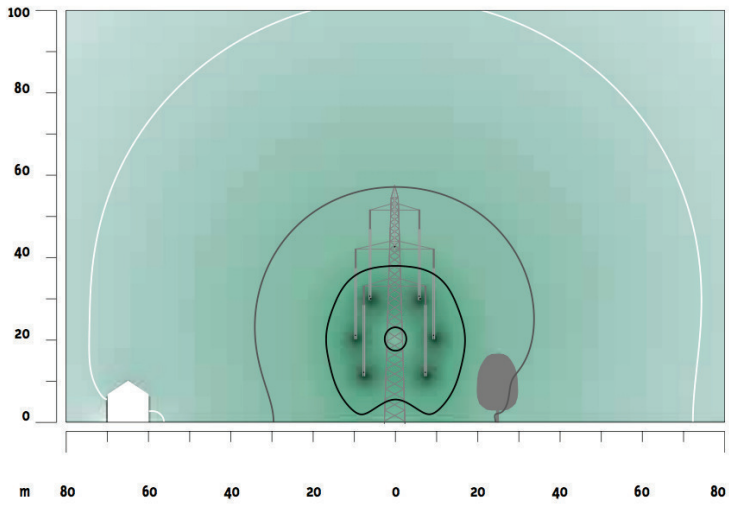
Im niederfrequenten Bereich spricht man nicht mehr von Strahlung, sondern von elektrischen und magnetischen Feldern (Kenner, Interview, 30. September 2013).

### 4.1.2 Das elektrisches Feld

Elektrische Felder entstehen, sobald Geräte an eine Stromquelle angeschlossen werden, unabhängig davon, ob sie ein- oder ausgeschaltet sind. Die Spannung beeinflusst geladene Teilchen in der Umgebung, das elektrische Feld entsteht. Die Einheit des elektrischen Feldes ist Volt pro Meter (V/m). Mit höherer Spannung nimmt auch das elektrische Feld zu. (Swissgrid, 2012a, S. 4)

Elektrische Felder lassen sich sehr einfach abschirmen. Abbildung 4 zeigt die Beeinflussung des Feldes aufgrund von Vegetation und einem Gebäude. Ein elektrisches Feld wird durch Gebäudemauern um über 90 % abgeschwächt. (BUWAL, 2005, S. 25)

Abbildung 4: elektrisches Feld



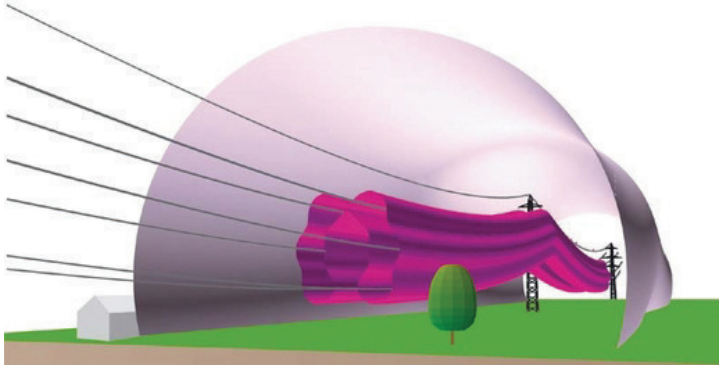

Aus: BUWAL (2005), S. 25

### 4.1.3 Das magnetische Feld

Magentische Felder entstehen sobald Strom durch einen Leiter fliesst. Die Einheit des magnetischen Feldes ist Tesla (T). Die Ausdehnung des magnetischen Feldes ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Haupteinflussfaktor ist die Stromstärke, weiter sind die Abstände zwischen den Leiterseilen und die Bauart der Leitung von Bedeutung. Die magnetischen Felder verschiedener Leiterseile oder mehrerer Leitungen beeinflussen einander. Magnetfelder werden durch Gebäude oder bauliche Massnahmen praktisch nicht abgeschirmt. (Swissgrid, 2012, S. 6)

Abbildung 5 zeigt das magnetische Feld einer 380 kV-Hochspannungsleitung im Raum. Im dunkelviolett gekennzeichneten Bereich beträgt das magnetische Feld bei Vollbelastung der Leitung über 100 $\mu$T, im äusseren, hellviolett begrenzten Bereich nur noch 1 $\mu$T. (BUWAL, 2005, S.23)

Abbildung 5: räumliche Darstellung magnetisches Feld



Aus: BUWAL (2005), S. 23

### 4.1.4 Verordnung zum Schutz gegen nichtionisierende Strahlung

Seit Februar 2000 ist die vom Bundesrat erlassene Verordnung zum Schutz gegen nichtionisierende Strahlung (NISV) in Kraft. In der NISV sind die Grenzwerte für elektromagnetische Strahlung im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz festgelegt. Es wird zwischen dem Anlagegrenzwert (AGW) und dem Immissionsgrenzwert (IGW) unterschieden.

Der AGW regelt die Emissionen von festinstallierten Anlagen, wie beispielsweise Hochspannungsleitungen. Der IGW legt die maximal erlaubte Einstrahlung auf den menschlichen Körper fest. (Fischbacher, 2010, S. 1)

#### 4.1.4.1 Immissionsgrenzwert

Die Immissionsgrenzwerte, auch Gefährdungsgrenzwerte genannt, müssen überall dort eingehalten werden, wo sich Menschen aufhalten könnten. Werden diese Werte überschritten, kann es zu gesundheitliche Schäden kommen. Für die unterschiedlichen Frequenzen vom normalen Hochspannungsnetz (50 Hz) und dem Eisenbahnnetz (16.7 Hz) gelten unterschiedliche Werte, die in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt sind. (BAFU, 2011)

Tabelle 1: IGW bei einer Frequenz von 50 Hz

| | |
|---|---|
| elektrische Feldstärke | 5 Kilovolt pro Meter (kV/m) |
| magnetische Flussdichte | 100 Mikrotesla (μT) |

In Anlehnung an: BAFU (2011)

Tabelle 2: IGW bei einer Frequenz von 16.7 Hz

| | |
|---|---|
| elektrische Feldstärke | 10 Kilovolt pro Meter (kV/m) |
| magnetische Flussdichte | 300 Mikrotesla (μT) |

In Anlehnung an: BAFU (2011)

#### 4.1.4.2 Anlagegrenzwert

Der Anlagegrenzwert, auch als Vorsorgegrenzwert bezeichnet, bezieht sich auf einzelne Anlagen, wobei nahe beieinander liegende Leitungen als eine Anlage gewertet werden. Der Anlagegrenzwert liegt bedeutend unter dem IGW, damit es nicht zu einer Gefährdung kommen kann. Der AGW muss an Orten eingehalten werden, an denen sich Menschen über längere Zeit aufhalten können, wie beispielsweise Wohnungen, Schulen oder Spielplätze. Die Grenzwerte sind für Leitungen, die nach Februar 2000 in Betrieb genommen wurden, strenger als für davor erstellte. Der AGW bezieht sich nur auf das magnetische Feld und beträgt 1 μT. Übertreten die magnetischen Felder älterer Leitungen den AGW, muss die Phasenbelegung (siehe Kapitel 4.1.5) optimiert werden. Ist nach dieser Anpassung der Wert immer noch über dem AGW, wird das toleriert. (BAFU, 2011)

Die folgende Tabelle 3 zeigt die Distanzen auf, die erfahrungsgemäss ausreichen, damit der Anlagegrenzwert von 1 μT eingehalten wird.

Tabelle 3: Distanz zur Unterschreitung des AGW

| **Art der Leitung** | **Benötigter Abstand zur Leitung** |
|---|---|
| Freileitung 380 kV | 60-80 m |
| Freileitung 220 kV | 40-55 m |
| Freileitung 110 kV | 20-30 m |
| Freileitung 50 kV | 15-25 m |
| Kabelleitung 110 kV | 3-6 m |

In Anlehnung an BAFU (2011)

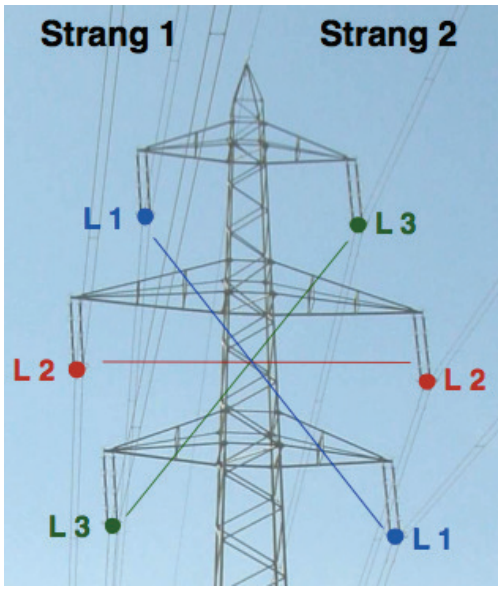
### 4.1.5 Leiteranordnung und Phasenoptimierung

Das magnetische Feld einer Hochspannungsleitung kann mit einer optimalen Anordnung der Leiterseile und mittels Phasenoptimierung minimiert werden. Das ist wichtig, da sich das Magnetfeld nur sehr schlecht abschirmen lässt (siehe Kap. 4.1.3).

Eine typische Hochspannungsfreileitung hat ein Dreiphasensystem, in welchem die einzelnen Leiter als R, S, T bezeichnet werden. (Kenner, Interview, 30. September 2013)

Die Abbildung 6 zeigt die optimale punktsymmetrische Anordnung der Leiterseile, damit das Magnetfeld möglichst klein wird. Anstatt der Bezeichnungen R, S und T, werden die Bezeichnungen L1, L2 und L3 verwendet.

Abbildung 6: optimierte Anordnung der Leiterseile

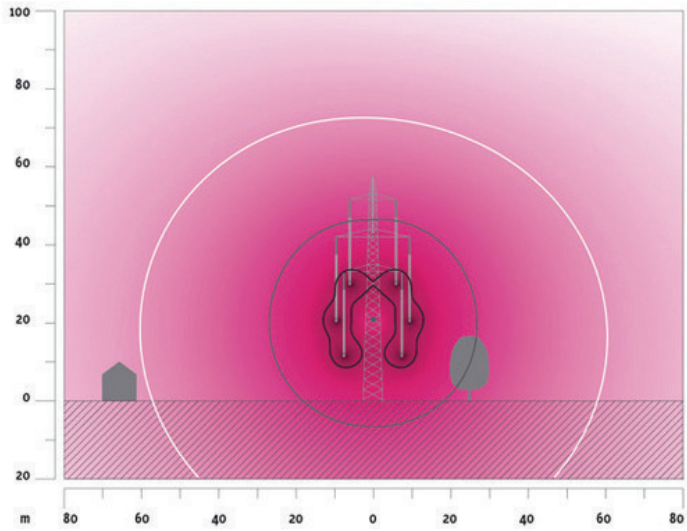



Aus: Kenner (2004), S. 14

Die unterschiedlichen Frequenzen der Wechselströme in den Leiterseilen sind phasenverschoben. Abhängig von dieser Phasenverschiebung ist das magnetische Feld grösser oder kleiner. Um das Feld zu minimieren, werden Simulationsprogramme eingesetzt, welche die optimalste Phasenbelegung berechnen. (BAFU, 2009)

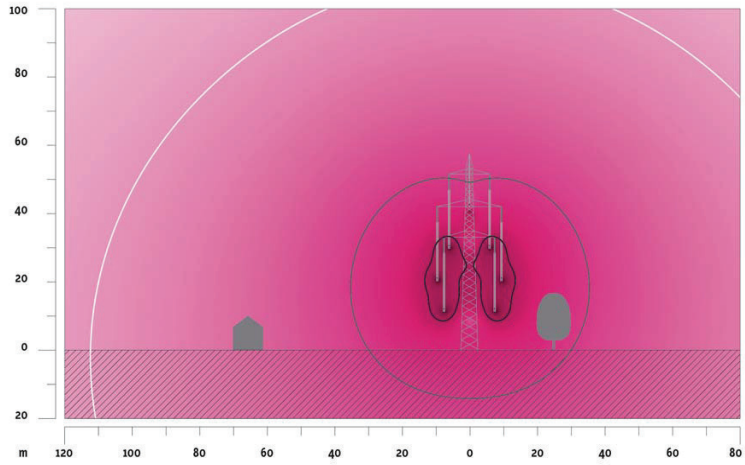
Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die gleiche Leitung bei Vollbelastung, Abbildung 7 mit Phasenoptimierung und Abbildung 8 ohne Phasenoptimierung. Ohne Phasenoptimierung befindet sich das dargestellte Gebäude innerhalb der weissen Linie, die den AGW repräsentiert. Die graue Linie steht für den IGW. (BUWAL, 2005, S. 24)

Abbildung 7: optimierte Phasenanordnung




Aus: BUWAL (2005), S. 23

Abbildung 8: keine optimierte Phasenanordnung

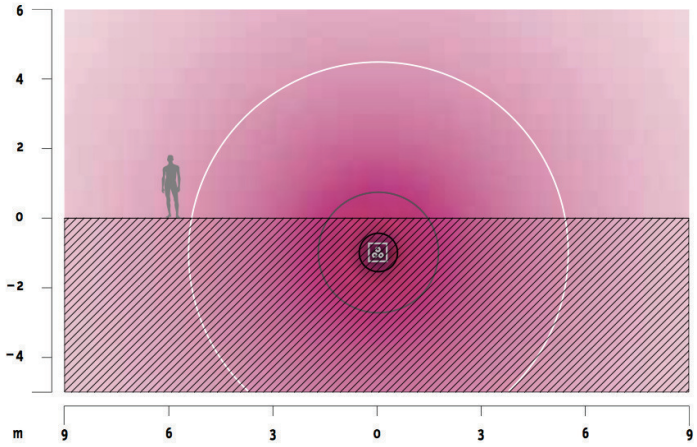



Aus: BUWAL (2005), S. 24

### 4.1.6 Elektrisches und magnetisches Feld einer Kabelleitung

Das elektrische Feld einer Kabelleitung wird durch die umgebende Erde vollständig abgeschirmt, das magnetische Feld hingegen nicht. Jedoch liegen bei Kabelleitungen die einzelnen Leiter näher beieinander als bei Freileitungen (siehe Kap. 3.3), dadurch ist die räumliche Ausdehnung des magnetischen Feldes kleiner als bei Freileitungen, wie in Abbildung 9 ersichtlich. (BUWAL, 2005, S. 26)

Abbildung 9: magnetisches Feld Kabelleitung




Aus: BUWAL (2005), S. 26

## 4.2 Auswirkungen auf die Gesundheit

### 4.2.1 Starke Belastung

Sehr starke magnetische Felder von über 10'000 μT bewirken im Körper die Bildung von elektrischen Strömen. Dies führ zu Nervenreizungen und Muskelzuckungen. Bei Belastungen über 100'000 μT kann es zu Herzkammerflimmern kommen. (BUWAL, 2005, S. 7)

### 4.2.2 Unterschwellige Belastung

Bei unterschwelligen Belastungen haben sich in Experimenten an Mensch und Tier Veränderungen im Verhalten und in der Lernfähigkeit gezeigt. Zudem scheint magnetische Strahlung eine Verminderung der Ausschüttung des Hormons Melatonin zu bewirken, was mit einer Störung des Schlafrhythmus und Müdigkeit assoziiert ist.

Es gibt Studien, die zeigen, dass das Risiko an Leukämie zu erkranken bei Kindern doppelt so hoch ist, wenn sie über lange Zeit Magnetfeldern ausgesetzt sind. Die Aussagekraft dieser Untersuchungen wird jedoch angezweifelt.

Ob die durch die unterschwellige Belastung ausgelösten Veränderungen ein Gesundheitsrisiko darstellen, ist umstritten. (BUWAL, 2005, S. 7)

### 4.2.3 Beispiel Talacherhof

Der Landwirt P. Müller bewirtschaftet den Talacherhof im Kanton Aargau. Seit dem Bau des Laufstalles hat er massive Probleme beim Melken seiner Kühe. Die Tiere lassen sich nur ungern melken und die Milchqualität hat abgenommen. Am Betrieb führen zwei Hochspannungsleitungen vorbei, eine 50 kV-/ 16-kV-Leitung und eine 380 kV-Leitung. Im und um den Melkstand wurden Kriechströme gemessen, die auf die Hochspannungsleitungen zurückgeführt werden. Als Kriechstrom wird ein unbeabsichtigter Stromfluss im Boden oder in Gebäuden bezeichnet. Mehrere Massnahmen wie eine verbesserte Erdung des Betriebes und der Masten führten zu keiner Verbesserung der Situation. Daher wird vermutet, dass auf dem Talacherhof nicht eine ungenügende Erdung die Ursache der Kriechströme ist, sondern eine induktive Stromübertragung von den Hochspannungsleitungen. (Amrein-Scherrer, 2012, S. 56-58)

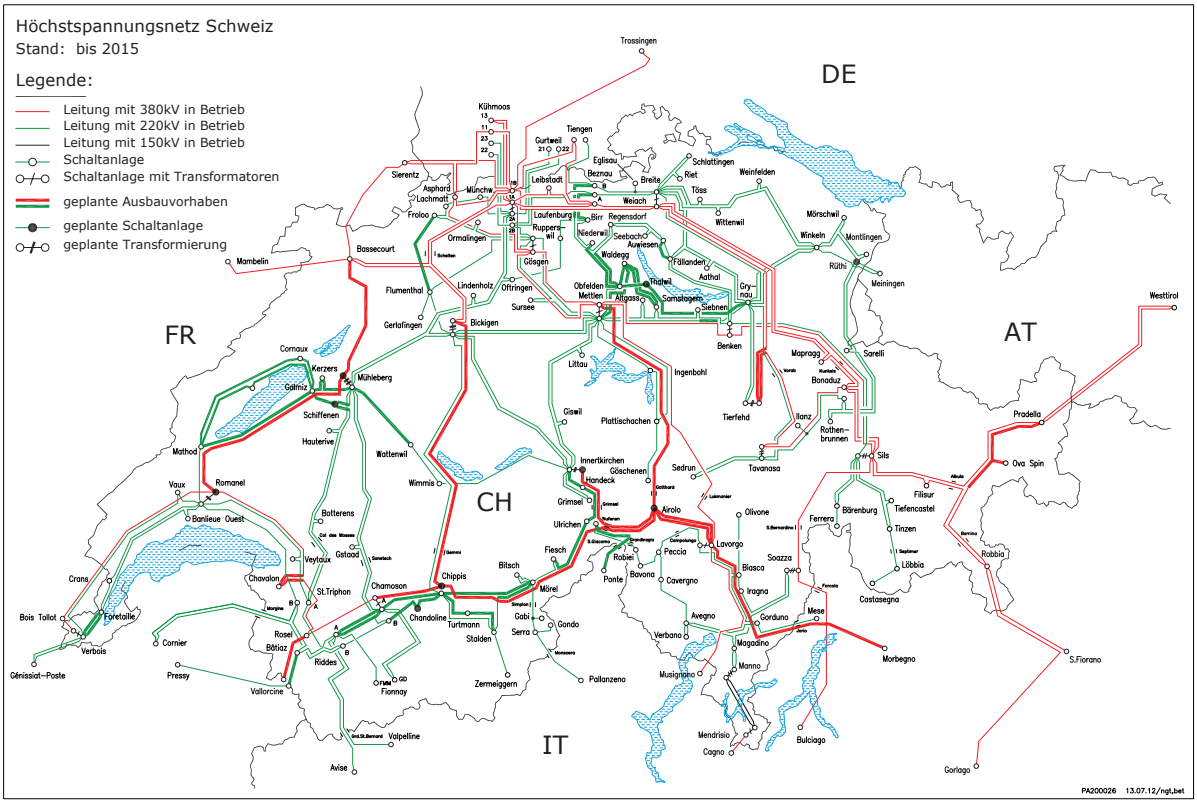
Der Durchleitungsvertrag der 380 kV-Leitung ist nach 50 Jahren ausgelaufen und müsste nun erneuert werden. Aufgrund der Beeinträchtigungen auf dem Betrieb ist Herr Müller jedoch nicht bereit die Verträge zu unterschreiben: „ Ich habe schlicht keine andere Möglichkeit. So weiter machen, so weiter melken, das können wir nicht mehr. Da muss etwas geschehen.“ (Müller, Interview, 1. Oktober 2013)

# 5 Neubau von Hochspannungsleitungen

## 5.1 Strategisches Netz 2015

Das vom Bundesrat 2009 genehmigte strategische Netz 2015 soll Lücken des Übertragungsnetz schliessen. Im Netz 2015 sind sowohl Leitungsneubauten als auch Aus- und Ersatzbauten enthalten. Die folgende Abbildung 10 zeigt das strategische Netz 2015.

Abbildung 10: Netz 2015




Aus: http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/grid/development/PA200026_Netz%202015.pdf

Das Netz 2015 soll Engpässe beheben und neuerbaute Kraftwerke an das Netz anschliessen. (Swissgrid, 2012b, S. 9)

## 5.2 Ablauf Neubau

Aufgrund der Berechnungen für das strategische Netz 2015 ergaben sich verschiedene dringliche Projekte, auf die im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden kann. Ausführliche Informationen zu diesen Projekten sind im Internet unter http://www.swisgrid.ch /swissgrid/de/home/grid/grid_expansion.html einsehbar.

An dieser Stelle soll nur kurz auf den Ablauf von der Planung bis zur Realisierung einer neuen Hochspannungsleitung eingegangen werden, die folgende Abbildung 11 zeigt die einzelnen Schritte auf.

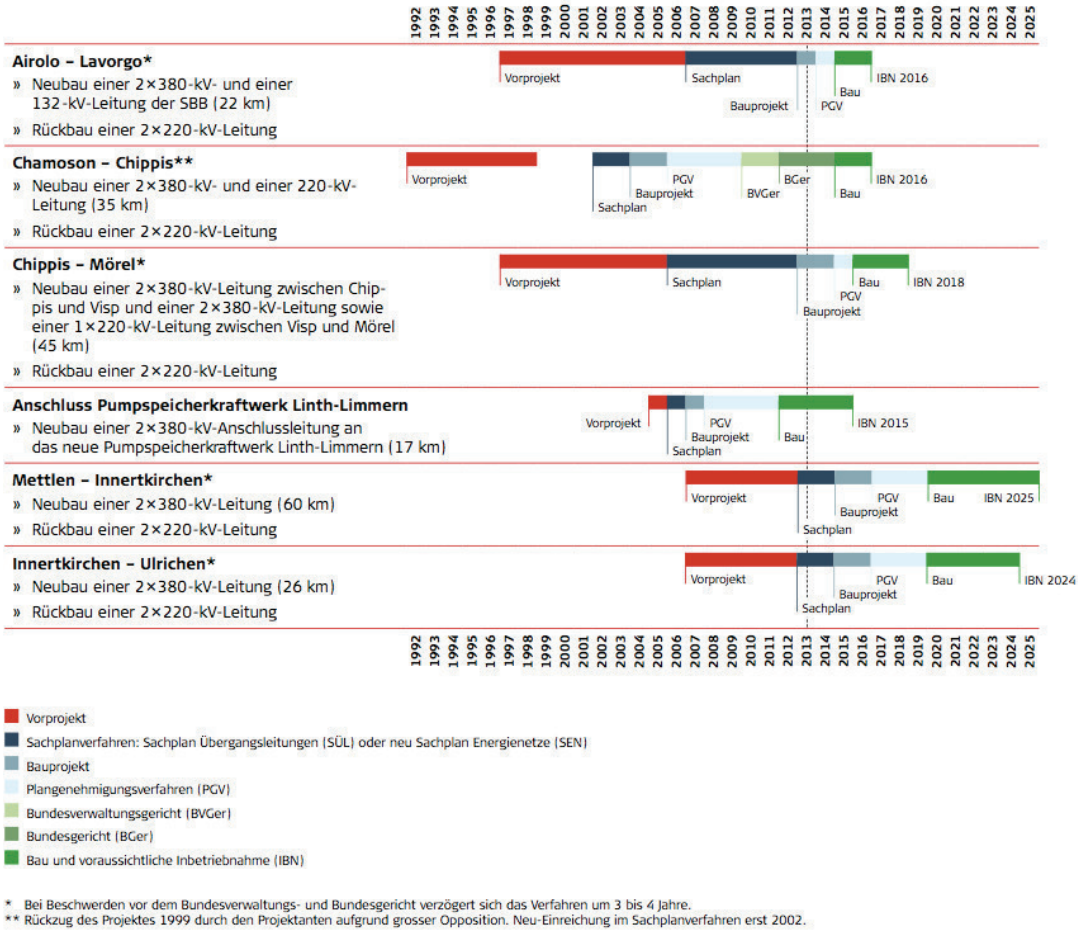
Abbildung 11: Ablauf Neubau

In Anlehnung an: Swissgrid (2013d), S. 4

## 5.3 Verfahrensbeschleunigung

Neubauprojekte von Hochspannungsleitungen stossen häufig auf Widerstand in der Bevölkerung. Im Idealfall dauert es vom Vorprojekt bis zur Realisierung einer Hochspannungsleitung 9 bis 12 Jahre. Durch Einsprachen kommt es zu erheblich längeren Verfahrensdauern. Die Abbildung 12 zeigt verschiedene Projekte und ihre jeweilige Projektdauer. (Swissgrid, 2013d, S. 4)

Abbildung 12: Verfahrensdauer verschiedener Projekte




Aus: Swissgrid (2013d), S. 4

In der Energiestrategie 2050 des Bundes (siehe Kapitel 6.1.1) werden zwei Vorschläge zur Reduktion der Verfahrensdauer gemacht. Dabei sollen Einsprachen nur noch bis vor Bundesgericht gelangen, wenn es sich um ein grundsätzliches Anliegen handelt. Heute können alle Fragen bis vor Bundesgericht kommen. Als zweite Massnahme soll eine maximale Verfahrensdauer festgelegt werden. (Swissgrid, 2013d, S. 3)

Der Swissgrid gehen diese Vorschläge zu wenig weit. Sie fordert weitere Schritte um die Verfahrensdauer einzuschränken. So sollen beispielsweise in einem Projekt gefällte Gerichtsentscheide zu einem späteren Zeitpunkt nicht wieder in Frage gestellt werden können, sondern sollen verbindlich sein. (Swissgrid, 2013d, S. 5)

## 5.4 Prüfungs- und Beurteilungsschema

2009 hat eine vom Bund eingesetzte Arbeitsgruppe ein Prüfungs- und Beurteilungsschema erarbeitet, dass beim Grundsatzentscheid Freileitung oder Verkabelung auf 220/380 kV-Ebene herangezogen werden soll.

Im Schema werden die drei Hauptkriterien Umweltschonung, Versorgungssicherheit und kommunale Interessen festgelegt, welche wiederum in verschiedene Teilkriterien unterteilt sind. Für jedes Kriterium werden sowohl für die Variante Freileitung als auch für die Variante Erdverlegung Punkte verteilt. Hat die Verkabelung ein besseres Punktetotal, sind in einem weiteren Schritt noch die Mehrkosten zu bewerten. (BFE, 2013, S. 6)

# 6 Das Netz der Zukunft

## 6.1 Energiestrategie 2050

Anfangs 2011 beschloss der Bundesrat den Austritt aus der Kernenergie. Um dieses Ziel zu erreichen, sind umfassende Massnahmen zu treffen, die in der Energiestrategie 2050 ausgearbeitet wurden. Die Massnahmen erstrecken sich auf die verschiedensten Bereiche, wie beispielsweise Gebäude, Mobilität, Elektrogeräte und Förderung der erneuerbaren Energien. Ein wichtiger Punkt der Energiestrategie 2050 sind die Netze, in erster Linie das Stromnetz. (BFE, 2012, S. 5)

Im Bereich der Stromnetze werden in der Energiestrategie 2050 verschiedene Herausforderungen genannt. Ein wichtiger Punkt ist die Erneuerung und Anpassung des bestehenden Übertragungsnetzes an die heutigen Anforderungen. Das schweizerische Übertragungsnetz ist mehrheitlich älter als 40 Jahre und die Leitungen sind auf kleinere Strommengen aus zentralen Kraftwerken ausgerichtet. Damit die Versorgungssicherheit gewährleistet bleibt, ist ein Ausbau unumgänglich. (BFE, 2012, S. 59)

Aufgrund des wachsenden Anteils an erneuerbaren Energien gewinnt die dezentrale Stromproduktion an Bedeutung. Gerade die Stromproduktion durch Windturbinen oder Photovoltaikanlagen weist grosse Schwankungen auf, was Auswirkungen auf die Regulation des Stromflusses hat und Infrastrukturanpassungen erfordert. Das Netz soll zu einem sogenannten Smart Grid, einem intelligenten Netz, werden. (Swissgrid, 2012b, S. 5)

Ein weiterer Punkt ist die Beschleunigung der Verfahren. Aufgrund der geringen öffentlichen Akzeptanz in der Bevölkerung sind Einsprachen gegen Leitungsprojekte an der Tagesordnung. Um die Verfahren zu beschleunigen sind Massnahmen zur Verkürzung der Verfahrensdauer und zur Steigerung der Akzeptanz geplant (siehe Kapitel 5.3).

Des Weiteren soll die Rolle der Schweiz als Stromdrehscheibe Europas gewahrt werden, was die Integration an geplante Hochleistungsstromnetze quer durch Europa erfordert. (BFE, 2012, S. 59)

## 6.2 Zielnetz 2035

Swissgrid erarbeitet ausgehend von der Energiestrategie 2050 und weiteren Faktoren die Netzplanung für die kommenden Jahre. Anfangs 2014 soll das Zielnetz 2035 veröffentlicht werden, eine Weiterentwicklung des strategischen Netzes 2020. Das Zielnetz 2035 soll voraussichtliche Engpässe des Netzes aufzeigen. Ausserdem werden neue Technologien berücksichtigt. (Swissgrid, 2013c, S. 7)

# 7 Messung des magnetischen Feldes

## 7.1 Vorgehen und Methode

Um die geplanten Messungen durchzuführen, war es zunächst nötig, das entsprechende Messgerät zu organisieren. Dieses wurde von Elektrosuisse, dem Fachverband für Elektro-, Energie-, und Informationstechnik in Fehraltorf (ZH), zur Verfügung gestellt. Es ergab sich auch die Gelegenheit, mit dem Starkstrominspektor Martin Kenner ein Gespräch zu führen.

Es stellte sich dabei heraus, dass nur die Messung des magnetischen Feldes im Rahmen der Maturaarbeit realisierbar sein würde. Die Messung des elektrischen Feldes ist sehr schwierig, da auch der Mensch den Strom leitet und dadurch die Messung beeinflusst. Aus diesem Grund muss die Messsonde isoliert aufgestellt werden. Zudem gibt es weitere Einflussfaktoren auf die Messung des elektrischen Feldes, beispielsweise Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Im Gegensatz dazu ist die Messung des magnetischen Feldes mithilfe eines Teslameters relativ einfach. (Kenner, Interview, 30. September 2013)

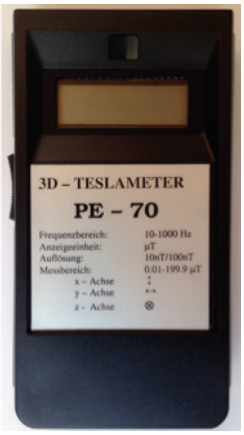
Aufgrund dieser Informationen wurde auf die Messung des elektrischen Feldes verzichtet.

### 7.1.1 Messgerät

Die Messung von Magnetfeldern wird mit einem Teslameter durchgeführt. Wichtig ist eine dreiaxiale Messung. Das bedeutet, dass in allen drei Dimensionen gemessen wird. Bei einfach aufgebauten Messgeräten muss dreimal, in alle Richtungen des Raumes, gemessen werden und die erhaltenen Werte zu einem Gesamtbetrag verrechnet werden.

Komplexere Geräte sind dreiaxial und werden daher als 3D-Teslameter bezeichnet.

Abbildung 13: verwendetes Gerät




Eigene Abbildung

Angaben zum verwendeten Gerät:

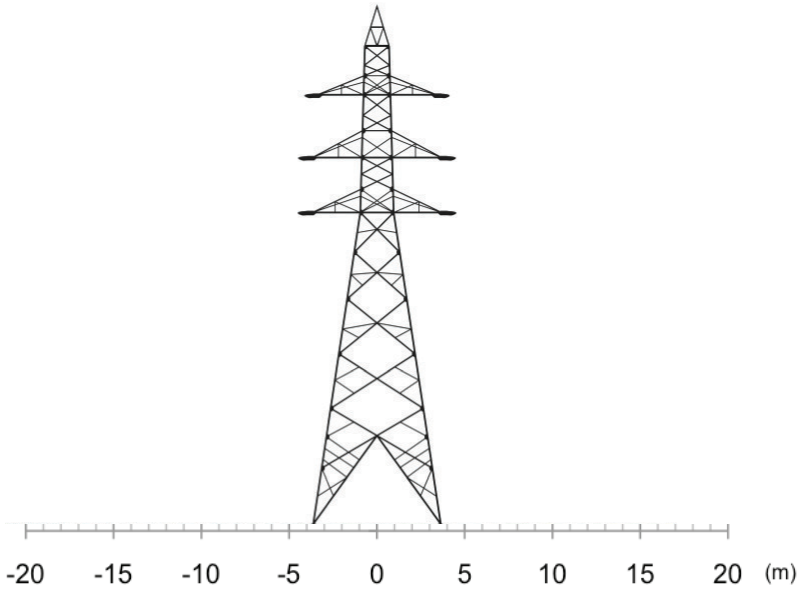
| | |
|---|---|
| 3-D Teslameter: | PE-70 |
| Frequenzbereich: | 10-1000 Hz |
| Anzeigeeinheit: | μT |
| Messbereich: | 0.01-199.9 μT |

(Gebrauchsanleitung 3-D Teslameter PE-70, ohne Datum, S. 4)

Wie in den Angaben ersichtlich, misst das verwendete Gerät magnetische Felder aller Frequenzen. Es gibt Spezialgeräte, bei denen man die zu messende Frequenz, im Falle von Hochspannungsleitungen wäre dies 50 Hz, einstellen kann. So wird nur das magnetische Feld der gewünschten Frequenz gemessen. Diese Geräte werden bei den Messungen von Elektrosuisse verwendet. (Kenner, Interview, 30. September 2013)

### 7.1.2 Messanordnung

Abbildung 14: Messanordnung




In Anlehnung an: Kaintzyk (2001), S. 11

| | |
|---|---|
| Anzahl Messpunkte: | 40, von Meter -20 bis Meter 20 |
| Messhöhe ab Boden: | 1 Meter |

Um die Resultate interpretieren zu können, ist es notwendig, die Stromstärke zum Zeitpunkt der Messung zu kennen (Kenner, Interview, 30. September 2013). Die entsprechenden Angaben wurden freundlicherweise von den Betreibern der untersuchten Leitungen, Axpo und SAK, zur Verfügung gestellt.

## 7.2 Leitungen Flawil-Gossau und Fürstenland

### 7.2.1 Angaben zu den Leitungen

Am gewählten Standort für die Messung, im Weiler Rüti in Gossau, führen zwei Leitungen durch. Einerseits ist das die 50 kV-Leitung Flawil-Gossau, andererseits die 220 kV-Leitung mit den Leitersträngen Fürstenland Nord und Süd.

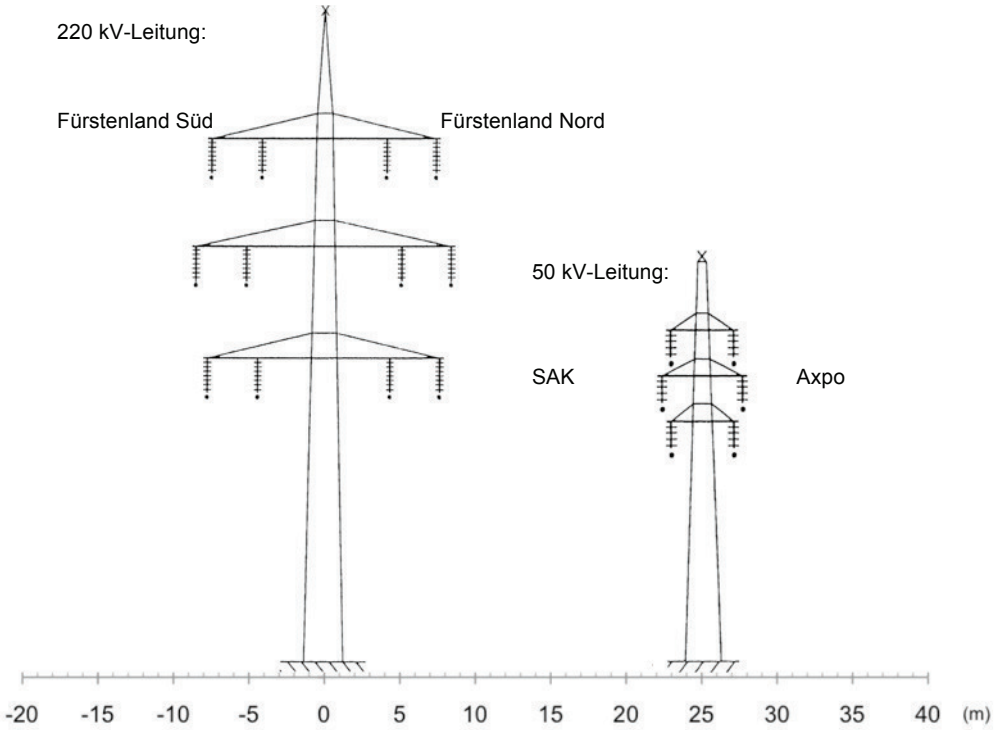
Die 50 kV-Leitung ist im Besitz der Axpo (ehemals NOK) und der SAK, die 220 kV-Leitung gehört der Axpo.

Abbildung 15: Mastbeschriftung der 220 kV-Leitung

Eigene Aufnahme

Die beiden Leitungen befinden sich in einem Abstand von ungefähr 28 Metern. Um das magnetische Feld beider Leitungen zu messen, wurden die Anzahl Messpunkte auf 60 erhöht. Die detaillierte Anordnung zeigt die folgende Abbildung 16 auf. Die Beschriftungen (Fürstenland Süd etc.) bezeichnen die Leitersysteme.

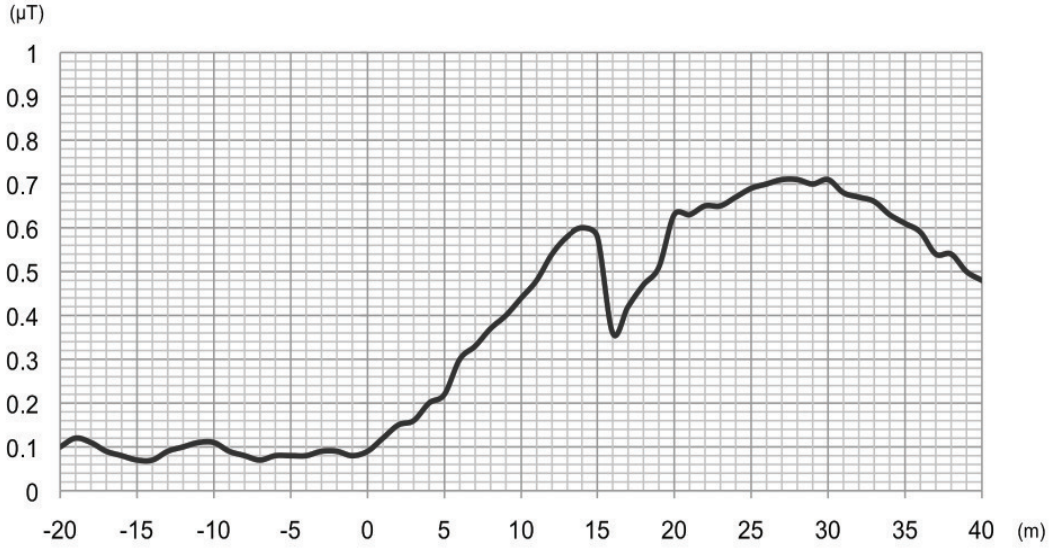
Abbildung 16: 220 kV-Leitung und 50 kV-Leitung




In Anlehnung an: Kaintzyk (2001), S. 11

### 7.2.2 Messresultat

Abbildung 17: Querprofil magnetisches Feld




Eigene Abbildung

Die Abbildung 17 zeigt das Profil des magnetischen Feldes der beiden Leitungen. Die x-Achsenbeschriftung ist analog zu derjenigen in Abbildung 16, das heisst, Meter 20 in der Abbildung 16 entspricht Meter 20 im Querprofil der Abbildung 17. Der Maximalwert der y-Achse entspricht dem Anlagegrenzwert von 1 µT.

Die Stromstärken der einzelnen Leitersysteme zum Zeitpunkt der Messung am 30. September 2013 von 16.00 bis 17.00 Uhr waren wie folgt:

220 kV Leitung:

| | |
|---|---|
| Trasse Fürstenland Süd: | 51.77 Ampere (A) |
| Trasse Fürstenland Nord: | 44.76 A |

50 kV Leitung:

| | |
|---|---|
| Trasse SAK Flawil-Gossau: | ca. 37 A |
| Trasse Axpo Flawil-Gossau: | 194.75 A |

Die Leitung Fürstenland Süd wurde zum Zeitpunkt der Messung von Strom der Stärke 52 A durchflossen. Entsprechend gering fällt auch das messbare magnetische Feld aus, welches sich im Bereich von 0.1 µT befindet. Der Leiterstrang Fürstenland Nord war zum Zeitpunkt der Messung mit einer Stromstärke von rund 45 A belastet, das gemessene magnetische Feld bewegt sich hier nicht, wie zu erwarten wäre, in einem ähnlichen Bereich wie beim Trasse Fürstenland Süd, sondern steigt relativ stark an. Zu erklären ist dies mit der zweiten

Leitung Flawil-Gossau. Es scheint, als ob sich das magnetische Feld der beiden Leitungen an diesem Standort gegenseitig verstärkt. Jedoch wird der AGV (siehe Kapitel 4.1.4.2) nicht überschritten.

## 7.3 Leitung Bazenheid-Oberuzwil

### 7.3.1 Angaben zur Leitung

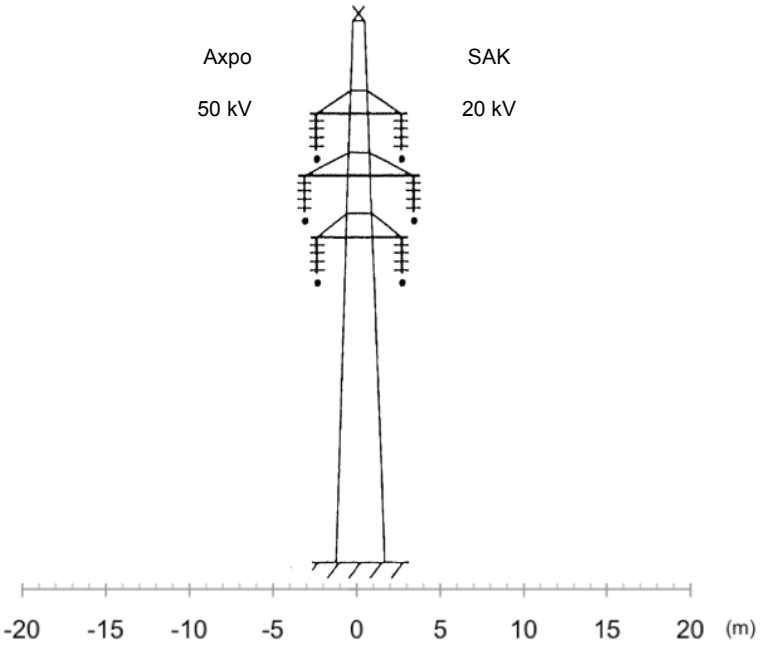
Abbildung 18: Mastbeschriftung

Eigene Abbildung

Die gemessene 20kV/ 50 kV-Leitung führt vom Unterwerk (UW) Bazenheid zum UW Oberuzwil und ist im Besitz der Axpo (50 kV-Leitung) und der SAK (20 kV-Leitung).

Abbildung 19 zeigt die Leiteranordnung mit den beiden Leitersystemen auf.

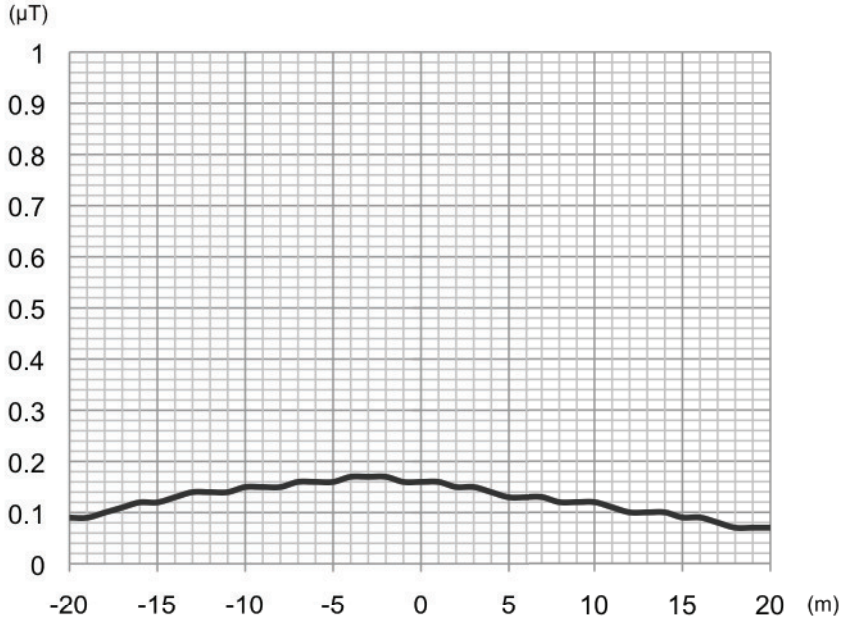
Abbildung 19: 20 kV-/ 50 kV-Leitung




In Anlehnung an: Kaintzyk (2001), S. 11

### 7.3.2 Messresultat

Abbildung 20: Querprofil Bazenheid-Oberuzwil




Eigene Abbildung

Die Abbildung 20 zeigt das Querprofil des magnetischen Feldes der 20 kV/50 kV-Leitung, gemessen am 9. Oktober 2013 im Zeitraum von 16.00 bis 16.30 Uhr. Die Stromstärken zum Zeitpunkt der Messung betrugen gemäss den Angaben von Axpo und SAK:

50 kV-Leitung Axpo: 51 A
20 kV-Leitung SAK: 23 A

Das gemessene Querprofil zeigt ein leicht zur 50 kV-Leitung verschobenes Maximum von 0.17 µT. Dies lässt sich dadurch erklären, dass das 50 kV-Leitersystem zum Zeitpunkt der Messung höher belastet war als das 20 kV-Leitersystem.

## 7.4 Leitung Katzensee Nord und Süd

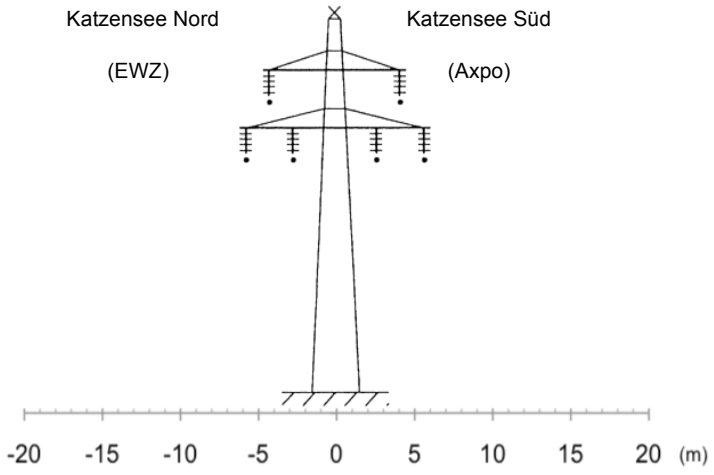
### 7.4.1 Angaben zur Leitung

Abbildung 21: Mastbeschriftung

Eigene Abbildung

Das Leitersystem Nord der 220 kV-Leitung Katzensee führt von Auwiesen nach Regensdorf, das Leitersystem Süd von Regensdorf nach Seebach. Katzensee Nord ist im Besitz der Elektrizitätswerke der Stadt Zürich (EWZ), Katzensee Süd ist im Besitz der Axpo. Die folgende Abbildung 22 zeigt die Anordnung der Leitersysteme auf.

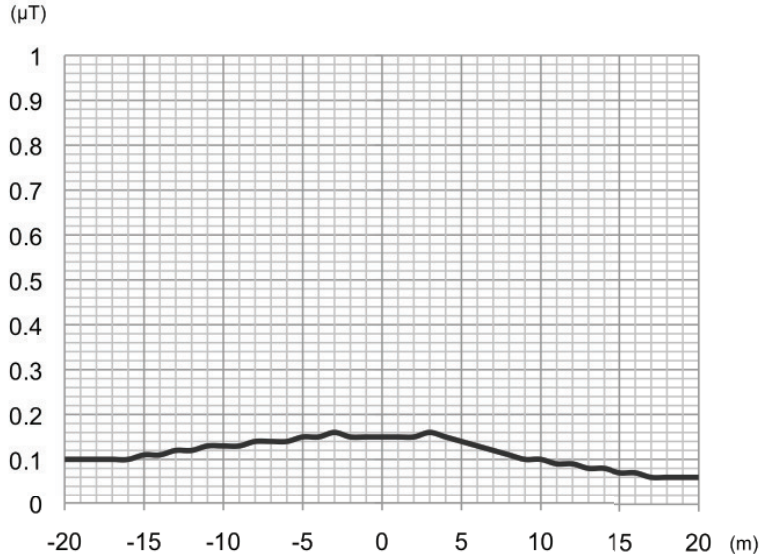
Abbildung 22: Anordnung 220 kV-Leitung




In Anlehnung an: Kaintzyk (2001), S. 11

### 7.4.2 Messresultat

Abbildung 23: Querprofil Katzenbach Nord und Süd




Eigene Abbildung

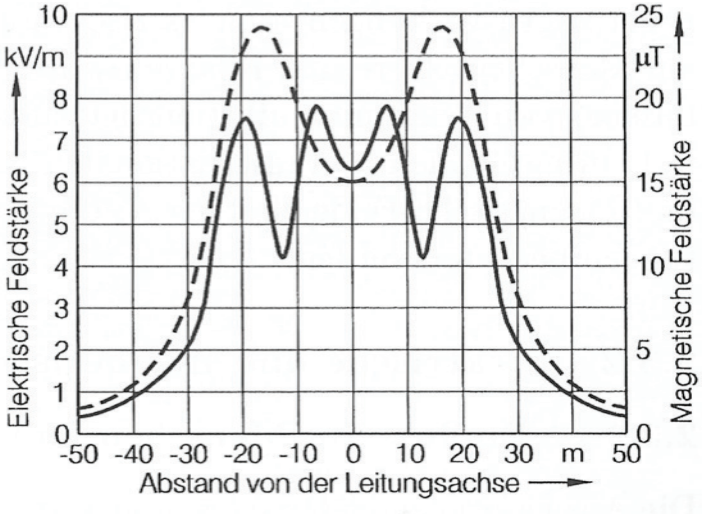
Die Belastung der Leitung Katzensee Nord und Süd am 16.10.2013, während des Zeitraums von 14.00-15.00 Uhr, war wie folgt:

220 kV-Leitung Katzensee Nord: 19.73 A

220 kV-Leitung Katzensee Süd: 17.08 A

Während der Messung war die Auslastung der Leitungen relativ gering. Daraus ergibt sich das Querprofil des magnetischen Feldes, in Abbildung 23 dargestellt, mit Maximalwerten von 0.16 μT. Abbildung 24 zeigt das zu erwartende Resultat einer Querprofilmessung auf. Die gestrichelte Linie entspricht der Stärke des magnetischen Feldes. Das Querprofil der Leitung Katzenbach Nord und Süd weist einen ähnlichen Kurvenverlauf auf. Gemäss Herr Kenner ist dies das zu erwartende Querprofil des magnetischen Feldes einer Hochspannungsfreileitung (Kenner, Interview, 30. September 2013).

Abbildung 24: Querprofil eines magnetischen Feldes gemäss Literatur




Aus: Kaintzyk (2001), S. 34

## 7.5 Interpretation der Messungen

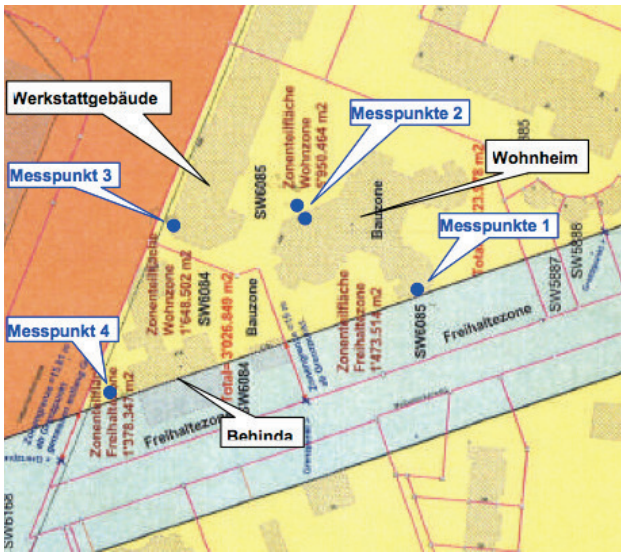
Das magnetische Feld überschritt den Anlagegrenzwert von 1 μT bei keiner der drei gemessenen Leitungen. Jedoch muss der AGW auch bei Maximalbelastung eingehalten werden, es ist also durchaus möglich, dass es, vor allem bei den Leitungen Flawil-Gossau und Fürstenland, zu einer Überschreitung des Anlagengrenzwertes kommen könnte. Die beiden Leitungen wurden jedoch vor 2000 erbaut und gelten damit gemäss der NISV als alte Anlagen. Die Leitungen sind gemäss SAK zueinander phasenoptimiert, daher entsprechen die Anlagen den Anforderungen der NISV (siehe Kapitel 4.1.4.2).

Bei den Leitungen Bazenheid-Oberuzwil und Katzenbach Nord und Süd liegen die Werte so weit unter dem Grenzwert, dass höchstwahrscheinlich auch bei Höchstbelastung der AGW nicht überschritten wird.

## 7.6 Beispiel eines Messberichtes von Elektrosuisse

Elektrosuisse führt Messungen von elektrischen und magnetischen Feldern durch, um sicherzustellen, dass die Grenzwerte eingehalten werden.

Abbildung 25: Messpunkte



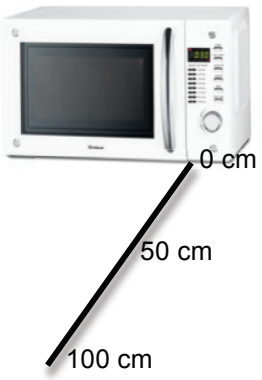

Dabei werden verschiedene Messpunkte festgelegt (siehe Abbildung 25) und an diesen Punkten das elektrische und das magnetische Feld gemessen. Eine Querprofilmessung des Magnetfeldes, wie für diese Arbeit durchgeführt, wird nicht gemacht.

Die gemessenen Werte werden unter Berücksichtigung der Belastung der Leitung zum Zeitpunkt der Messung ausgewertet. (Elektrosuisse, 2007, S. 4-5)

Aus: Elektrosuisse (2007), S.6

## 7.7 Exkurs Mikrowelle

Abbildung 26: Messanordnung




Eigene Abbildung

Wie in Kapitel 4.1.3 ausgeführt, entsteht ein magnetisches Feld, sobald Strom durch einen Leiter fliesst. So weisen auch Geräte wie Computer, Handys und Mikrowellen ein messbares Magnetfeld auf. Die Frequenz einer Mikrowelle beträgt mit 300 MHz bis 3 GHz ein vielfaches der Frequenz einer Hochspannungsleitung.

Mit dem Teslameter, welches auch für die Bestimmung des magnetischen Feldes der Hochspannungsleitungen verwendet wurde, liessen sich die folgenden Werte bestimmen (Messanordnung gemäss Abbildung 26):

Gerät nicht an Stromversorgung angeschlossen:

0 cm: 0.05 µT

50 cm: 0.07 μT

100 cm: 0.06 μT

Gerät an Stromversorgung angeschlossen:

0 cm: 5.8 μT

50 cm: 0.08 μT

100 cm: 0.07 μT

Gerät an Stromversorgung angeschlossen und in Betrieb:

0 cm: 40 μT

50 cm: 1.5 μT

100 cm: 0.23 μT

Die gemessen Werte des Magnetfeldes der laufenden Mikrowelle übersteigen die Werte der Hochspannungsleitungen um ein Vielfaches. Die Mikrowellenstrahlung hat jedoch soweit bekannt, keine gesundheitlichen Auswirkungen auf die Gesundheit.

# 8 Schlussbemerkungen

## 8.1 Allgemeine Schlussbemerkungen

Im Fokus dieser Arbeit stand die Zukunft der Hochspannung in der Schweiz. Hochspannungsleitungen werden sicherlich ein Thema bleiben. Im Frühjahr 2014 wird die Swissgrid das strategische Netz 2035 publizieren, welches das zukünftige Erscheindungsbild des Schweizer Hochspannungsnetzes prägen wird. Wahrscheinlich wird es noch einige Jahre dauern, bis die Verkabelung als gleichwertig gehandhabt wird. Die Möglichkeiten sich gegen einen geplanten Aus- oder Neubau zu wehren, werden mit der geplanten Einschränkung des Einsprachrechtes vermindert.

Bezüglich möglicher Alternativtechnologien wird es interessant sein zu beobachten, ob und wie schnell sich diese durchsetzen. Dabei stehen die Chancen für die Gleichspannung sicherlich nicht schlecht, da die Technik schon recht weit fortgeschritten ist. Vielleicht ergeben sich hier in Zukunft weitere Möglichkeiten, drohende Engpässe zu verhindern.

Die Auswirkungen von Hochspannungsleitungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier werden sehr individuell wahrgenommen und lassen sich schlecht quantifizieren und mit messbaren Daten belegen. Die in der Schweiz geltenden Grenzwerte sind sehr streng und in den durchgeführten Messungen lagen alle Leitungen innerhalb des erlaubten Bereiches.

## 8.2 Persönlicher Rückblick

Das Schreiben der Maturaarbeit war eine sehr lehrreiche Erfahrung für mich. Rückblickend war das Thema wohl eher zu allgemein formuliert. Auf einzelne Teilbereiche, die es sicherlich wert wären genauer betrachtet zu werden, konnte ich nur oberflächlich eingehen. Das Thema ist ausserdem sehr aktuell, es ergeben sich immer wieder neue Aspekte und Weiterentwicklungen, die sich möglicherweise für zukünftige Maturaarbeiten anbieten.

Grundsätzlich stiess ich auf grosse Hilfsbereitschaft. Leider kam ein geplantes Interview mit Swissgrid und ein Besuch am Hauptsitz in Laufenburg nicht zustande. Natürlich wollte ich auch herausfinden, wie es mit der geplanten Leitung über das Land meiner Eltern weitergehen würde. Auf wiederholte Anfrage erhielt ich die Antwort, der Neubau sei sistiert.

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei allen bedanken, die mich während dieser Zeit unterstützt haben. Ein besonderer Dank geht an Herrn Kenner von Elektrosuisse für die Informationen und das Messgerät, Herrn Kneubühler von HSUB und Herrn Müller für die Bereitschaft zum Interview und Herrn Brugger für die Betreuung der Maturaarbeit.

# Literaturverzeichnis

Amrein-Scherrer, N. (2012). Kriechströme im Stall schaden den Kühen. *Der LANDfreund, das Schweizer Agrarmagazin, 12 (*2), 56-58.

Axpo (ohne Datum). *Geschäftsfelder*. Zugriff am 13.10.2013 unter http://www.axpo.com/axpo/ch/de/konzern/zahlen-fakten/geschaeftsfelder.html

Bundesamt für Umwelt [BAFU]. (2009). *Magnetfelder von Freileitungen*. Zugriff am 26.09.2013 unter http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01079/01080/01081/02271/index.html?lang=de

Bundesamt für Umwelt [BAFU]. (2011a). *Anforderungen nach NISV: Hochspannungsleitungen*. Zugriff am 24.09.2013 unter http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01106/index.html?lang=de#sprungmarke0_3

Bundesamt für Umwelt [BAFU]. (2012). *Abteilung Lärm und NIS*. Zugriff am 23.09.2013 unter http://www.bafu.admin.ch/org/organisation/00124/index.html?lang=de

Bundesamt für Energie [BFE]. (ohne Datum). *Bundesamt für Energie BFE*. Zugriff am 22.09.2013 unter http://www.uvek.admin.ch/org/00469/00473/00751/index.html?lang=de

Bundesamt für Energie [BFE]. (2012). *Energiestrategie 2050: Erstes Massnahmenpaket.* Zugriff am 28.11.2013 unter http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier_id=05024

Bundesamt für Energie [BFE]. (2013). *Handbuch zum Bewertungsschema Übertragungsleitungen*. Zugriff am 24.04.2013 unter http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=48260

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft [BUWAL]. (2005). *Elektrosmog in der Umwelt.* Bern: Autor. Zugriff am 01.10.2013 unter www.buwalshop.ch, Code: DIV-5801-D.

Eidgenössisches Starkstrominspektorat [ESTI]. (ohne Datum). *Planvorlagen*. Zugriff am 03.10.2013 unter http://www.esti.admin.ch/de/dienstleistungen_planvorlagen.htm

Elektrosuisse. (2007). Bericht über die EMF. Zur Verfügung gestellt von M. Kenner, Elektrosuisse.

Fischbacher, C. (2010). 10 Jahre NISV. *CFW EMV-Consulting AG*. Zugriff am 21.10.13 unter http://www.cfw.ch/Deutsch/Pdf-Dateien/AllgemeineInfos/CFW_GZD.pdf

Gebrauchsanleitung 3D-Teslameter PE-70 (ohne Datum). Messungen von magnetischen Wechselfeldern mit dem 3D-Teslameter PE-70. Zur Verfügung gestellt von M. Kenner, Elektrosuisse.

Hnida, U. (2011). *Widerstand ist sinnlos.* Zugriff am 09.10.2013 unter http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/supraleitung-widerstand-ist-sinnlos-1623998.html

Kaintzyk, U., Kiessling, F. & Nefzger, P. (2001). *Freileitungen: Planung, Berechnung, Ausführung* (5. Auflage). Berlin/Heildelberg/New York: Springer-Verlag.

Kanton St. Gallen (ohne Datum). *Nichtionisierende Strahlung (NIS).* Zugriff am 04.11.2013 unter http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Strahlung/nis.html

Kenner, M. (2004). Magnetfeldemissionen von Infrastrukturanlagen. Elektrosuisse SEV. Folienvortrag.

Swissgrid. (ohne Datum). *Swissgrid - Die Geschichte*. Zugriff am 08.08.2013 unter http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/company/portrait/history/history_swissgrid.html

Swissgrid. (ohne Datum). *Wechselstrom und Gleichstrom*. Zugriff am 02.10.2013 unter http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/grid/technologies/ac_dc.html

Swissgrid. (2011). *Mit Energie in die Zukunft. Zahlen und Fakten.* Zugriff am 01.10.2013 unter http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/corporate-brochure_de.pdf

Swissgrid. (2012a). *Elektrische und magnetische Felder.* Zugriff am 30.09.2013 unter http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/ElektrischeMagnetische_Felder_de.pdf

Swissgrid. (2012b). *Energiewende: Übertragungsnetz mit Schlüsselrolle.* Zugriff am 20.07.3013 unter http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/Energiewende_de.pdf

Swissgrid. (2013a). *Erdverkabelung im Höchstspannungsnetz*. Zugriff am 12.10.2013 unter http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/erdverkabelung_hsn_de.pdf

Swissgrid. (2013b). *Freileitungen und Erdkabel*. Zugriff am 23.09.2013 unter http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/grid/technologies/overhead_underground_cabling.html

Swissgrid. (2013c). *Energiepolitik Schweiz und das Übertragungsnetz.* Zugriff am 14.11.2013 unter http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/energiepolitik.de.pdf

Swissgrid. (2013d). *Bereit für die Energiezukunft*. Zugriff am 12.11.2013 unter https://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/Broschuere_Schnellere_Verfahren_DE.pdf

Universität Zürich: Physik-Institut (2011). Supraleitung. Zugriff am 09.10.2013 unter http://www.physik.uzh.ch/groups/schilling/supra/UZH_Supraleitung.pdf

Wagner, H.F. (2010, 21. April). Warum erfolgt Stromübertragung bei hohen Spannungen? *Welt der Physik*. Zugriff am 13.09.2013 unter http://www.weltderphysik.de/gebiete/technik/energie/speichern-und-transportieren/strom/hochspannung/

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau einer Freileitung ..... 5

Abbildung 2: Aufbau eines Erdkabels ..... 5

Abbildung 3: Das Elektromagnetische Spektrum ..... 8

Abbildung 4: elektrisches Feld ..... 9

Abbildung 5: räumliche Darstellung magnetisches Feld ..... 10

Abbildung 6: optimierte Anordnung der Leiterseile ..... 12

Abbildung 7: optimierte Phasenanordnung ..... 12

Abbildung 8: keine optimierte Phasenanordnung ..... 13

Abbildung 9: magnetisches Feld Kabelleitung ..... 13

Abbildung 10: Netz 2015 ..... 15

Abbildung 11: Ablauf Neubau ..... 16

Abbildung 12: Verfahrensdauer verschiedener Projekte ..... 16

Abbildung 13: verwendetes Gerät ..... 19

Abbildung 14: Messanordnung ..... 20

Abbildung 15: Mastbeschriftung der 220 kV-Leitung ..... 21

Abbildung 16: 220 kV-Leitung und 50 kV-Leitung ..... 21

Abbildung 17: Querprofil magnetisches Feld ..... 22

Abbildung 18: Mastbeschriftung ..... 23

Abbildung 19: 20 kV-/ 50 kV-Leitung ..... 23

Abbildung 20: Querprofil Bazenheid-Oberuzwil ..... 24

Abbildung 21: Mastbeschriftung ..... 24

Abbildung 22: Anordnung 220 kV-Leitung ..... 25

Abbildung 23: Querprofil Katzenbach Nord und Süd ..... 25

Abbildung 24: Querprofil eines magnetischen Feldes gemäss Literatur ..... 26

Abbildung 25: Messpunkte ..... 27

Abbildung 26: Messanordnung ..... 27

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: IGW bei einer Frequenz von 50 Hz ..... 10

Tabelle 2: IGW bei einer Frequenz von 16.7 Hz ..... 10

Tabelle 3: Distanz zur Unterschreitung des AGW ..... 11

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| A | Ampere, Einheit der Stromstärke |
| AGW | Anlagegrenzwert |
| AKW | Atomkraftwerk |
| BAFU | Bundesamt für Umwelt |
| BFE | Bundesamt für Energie |
| BKW | Bernerische Kraftwerke |
| BUWAL | Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (seit 2006 BAFU) |
| ESTI | Eidgenössisches Starkstrominspektorat |
| EWZ | Elektrizitätswerk der Stadt Zürich |
| HSUB | Verein Hochspannung unter den Boden |
| HTS | Hochtemperatursupraleiter |
| Hz | Herz, Einheit der Frequenz |
| K | Kelvin |
| kV | Kilovolt, Einheit des elektrischen Feldes |
| IGW | Immissionsgrenzwert |
| NIS | Nichtionisierende Strahlung |
| NISV | Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung |
| NOK | Nordostschweizerische Kraftwerke (seit 2009 Axpo) |
| SAK | St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG |
| $SF_6$ | Schwefelhexafluorid |
| T | Tesla |
| UVEK | Bundesamt für Umwelt |
| UW | Unterwerk |
| $\mu$T | Mikrotesla, Einheit des magnetischen Feldes |
| V/m | Volt pro Meter |
| VPE | vernetztes Polyethylen |

# Anhang

## Interviews

### Hans Kneubühler, Geschäftsführer/ Vorstandsmitglied HSUB (12. Sept. 2013)

*Was ist Ihre Motivation, sich für eine Erdverlegung der Hochspannung unter den Boden zu engagieren?*

Die ursprüngliche Motivation war die eigene Betroffenheit. Der Auslöser für mein Engagement war der geplante Neubau einer Leitung, die hier bei meinem Haus durchführen sollte.

Das damalige Vorgehen der Axpo war sehr unkooperativ und auf Konfrontation ausgerichtet, es ging arrogant zu und her. Damit wollte man wahrscheinlich die Opposition tief halten, doch bei mir hat das die gegenteilige Reaktion ausgelöst. Zuvor war ein solches Engagement für mich kein Thema.

*Vor wie vielen Jahren war das?*

Das ist noch nicht so lange her, etwa vier Jahre. Es ging damals darum, die Durchleitungsrechte zu erwerben. Eines Tages sah ich Leute hier beim Wald herumgehen. Ich ging zu ihnen und fragte sie was sie da machten, worauf sie sagten, dass sie hier eine neue Hochspannungsleitung aussteckten. Man würde dann schon noch mit mir Kontakt aufnehmen.

Darauf begann ich mich zu informieren, um was es ging. Irgendwann kam dann tatsächlich ein Herr zu mir, mit dem fertigen Vertrag und sagte ich solle hier bitte unterschreiben. Es handle sich nur um eine kurze Strecke, wo mein Land und mein Wald überquert werden sollte. Es sei nur Formsache, ich solle einfach unterschreiben. Ich antwortete, dass ich es gerne zuerst anschauen und das ganze Projekt kennen möchte, worauf er fand, das wäre nicht nötig, es sei wirklich nur eine kleine Sache, die Meisten hätten schon unterschrieben.

*War das auch so? Waren Sie der Einzige, der sich wehrte?*

Nein überhaupt nicht, das war eben das Problem, diese Salamitaktik, die da angewendet wurde, war ganz sonderbar. Ich fand, ein so grosses Projekt müsste auch öffentlich diskutiert werden, die Leute müssten wissen, was auf sie zukommt. Das wurde aber überhaupt nicht gemacht. Ich sprach mit Kollegen und merkte, dass diese etwa gleich dachten wie ich. Wir haben darauf ein kleine Gruppe gegründet und haben eine Informationsveranstaltung von der Axpo verlangt. Diese wurde dann widerwillig durchgeführt. Dort haben wir gesehen, was

das Projekt wirklich bedeutete: 80 m hohe Masten, 30 m breite Ausleger, der Wald hier ist ungefähr 40 m hoch, die Masten wären dann etwa doppelt so hoch.

*Welche Spannung hat die geplante Leitung?*

Die Leitung die hier gebaut werden soll ist eine 380 kV-Höchstspannungsleitung. Eine Nord-Süd Transitverbindung zwischen Betznau und Mettlen, wäre das Ziel.

*Welches sind die Gründe für den Neubau?*

Es verschiedene Begründungen. Die Versorgungssicherheit, der Transport des Stromes vom Norden Deutschlands in den Süden und so weiter. Es ist auch eine Vernetzung, um die Sicherheit der Stromversorgung zu verbessern, indem verschiedene Leitungen bestehen. Falls eine ausfällt, kann die andere genutzt werden.

Anfangs waren die örtlichen Behörden einverstanden mit der Planung, da die bestehende Leitung, die näher am Dorf durchführt, weiter weg verlegt werden würde. Es hat relativ viel gebraucht, ihnen klar zu machen, dass es eben keine gute Lösung sei. Es bringt nichts die Leitung etwas vom Dorf weg zu nehmen, sondern man muss es grundsätzlich anpacken und grossräumiger anschauen muss, nicht nur gerade vom eigenen Dorf her.

Mit der Zeit haben wir dann gesehen, dass es die technische Möglichkeit gibt, die Leitung zu vergraben. Zuerst hatten wir eine etwas irreführende Idee, eine gasisolierte Leitung. Das wäre eine perfekte Technik, aber extrem teuer. Auch von Umweltschützern wird diese Technik kritisiert, weil ein klimaschädigendes Gas verwendet wird, $SF_6$- Gas (Schwefelhexafluorid). Von dieser Idee kamen wir dann ab. Die zweitbeste Lösung sind isolierte VPE- Kabel, welche durchaus für diese Spannung ausrechen würden. Je länger desto mehr wurde uns klar, dass viele von der Leitung verursachte Probleme, gelöst werden könnten, wenn man sie erdverlegt.

Inzwischen haben ich gemerkt, dass wir nicht die Einzigen sind, schweiz- und europaweit gibt es ähnliche Gruppen. Ich bin dann von HSUB angefragt worden - der schweizerischen Dachorganisation, die sich mit diesen Themen befasst - ob ich nicht mitmachen wolle. So kamen die Dinge zum Laufen und nun bin ich Geschäftsführer. Das Projekt hier im Reusstal ist nur noch ein Brennpunkt, inzwischen kenne ich noch viele andere, nicht nur in der Schweiz, sondern in ganz Europa.

*Wie sieht das Vorgehen von HSUB konkret aus?*

Ganz wichtig ist Medienpräsenz, damit Ideen und existierende Techniken kommuniziert werden. Jeder der sich für das Thema interessiert soll nicht nur die Ansichten der Axpo oder Swissgrid sehen können, sondern auch die Alternativen. Zudem kennen wir Juristen, die unsere Mitglieder unterstützen können.

Ein weiterer ganz wichtiger Punkt ist die Diskussion mit den Netzbetreibern, sie sind nicht ein Feindbild für uns, wir stehen miteinander im Kontakt. In Kürze findet eine Sitzung mit Swissgrid statt, organisiert vom Vorstands des HSUB. Wir werden in der Sitzung unsere Standpunkte diskutieren, uns ihre Meinung anhören und versuchen einen Schritt weiterzukommen.

*Sind die Netzbetreiber zu diesem Austausch bereit?*

Ja absolut, zumindest vordergründig. Die Swissgrid hat die alten Stromgesellschaften abgelöst und sie legen grossen Wert auf eine anständige Kommunikation, was ein Fortschritt ist. Man merkt aber schon, dass sie die Leitungen möglichst schnell bauen wollen. Dafür betreiben sie auch einen grossen Aufwand.

Es ist noch gefährlich, man lässt sich durch den sanften Ton eher einlullen. Zuvor war klar, es sind unsere Gegner, die wollen etwas anderes als wir, die Fronten waren klar. Jetzt muss man mehr herausspüren, wo die Grenzen sind. Wir sind noch am abstecken und herausfinden, wie funktionieren kann.

*Gibt es ein konkretes Erfolgserlebnis des HSUB?*

Der Verein HSUB ist nicht dadurch extrem stark, indem er selber aktiv wird. Wir unterstützen und beraten die Betroffenen, die schon selbst aktiv sind. Häufig ist es eine Mithilfe bei Aktionen, die schon laufen. Das ist unsere Aufgabe. Mit Pressemitteilungen, mit Vorstössen im Parlament und so weiter. Bisher hatten wir noch keinen eigenen juristischen Kampf auszufechten, dazu hätten wir auch nicht die Mittel. Zudem muss man einspracheberechtigt sein, um ein Projekt zu bekämpfen und das ist der Verein nicht.

Ein Grosserfolg, über den wir sehr glücklich sind, ist der Fall Riniken. Dabei kam es zu einem Bundesgerichtsentscheid der sagt, dass die Leitung erdverlegt werden muss. Dort haben wir immer mitgeholfen und sind überzeugt, dass es ohne uns nicht so weit gekommen wäre. Es lag einmal an einer Stimme in einer Gemeindeversammlung, ob der Kredit, um vor das Bundesgericht zu gehen, bewilligt würde. Im Vorfeld hat man alles gegeben, mit Leserbriefen und so weiter. Es war sehr knapp, wenn es die Unterstützung des HSUB nicht gegeben hät-

te, dann wäre es nicht so weit gekommen und es hätte keinen Bundesgerichtsentscheid zugunsten einer Teilverkabelung gegeben.

*Ist dieser Bundesgerichtsentscheid wegweisend für die Zukunft?*

Wir sehen dies absolut als wegweisend an. Es war ein Dammbruch, zuvor gab es X- Entscheide die das Gegenteil besagten. Dann endlich dieser Entscheid zugunsten der Verkabelung, mit den Argumenten, die wir schon immer vorbrachten. Man muss die ganzen Lebenszykluskosten einer Leitung anschauen, die Verluste und die Landschaft müssen gewichtet werden.

Wir sehen das Urteil als wegweisend an, aber die andere Seite sieht es als Fehlentscheid an und versucht alles, um es zu relativieren. Es wäre ein Fehlentscheid gewesen, man müsse bei jedem Fall wieder ganz genau schauen und dieses Urteil sei nicht eins zu eins auf andere Projekte anwendbar.

Jetzt müssen aber in Riniken die Teilverkabelung machen. Es ist eine verrückte Situation. Wir haben den Eindruck, dass sie eine goldene Leitung, wie wir es nennen, bauen wollen. Sie ist auf Höchstbelastungen ausgelegt, es wird dreifache Sicherheit angewendet. Wir vermuten, damit es sehr teuer wird, sodass man sagen kann: „Ja, man kann es bauen, aber es ist sehr kostspielig."

Professor Bröckelmann, der das Gutachten durchführte welches zum Bundesgerichtsentscheid führte, ging von viel tieferen Kosten aus. Jetzt wird angeführt, dass die Leitung auch bei Höchstbelastung standhalten muss, was wahrscheinlich überhaupt nie der Fall sein wird.

*Wie sieht der Stand der Technik bei der Verkabelung aus?*

Die Technik ist schon auf einem guten Level, ich weiss nicht ob es noch viel Fortschritte bei Wechselspannung geben wird. Die Alternative ist Gleichstrom, doch das zahlt sich nur bei sehr grossen Distanzen aus. Gleichstromleitungen wären ein Fremdkörper, den man irgendwie in unser Wechselstromnetz einbinden müsste, das lohnt sich nur bei langen Strecken.

*Die Erdverlegung von Gleichstrom ist also genauso gut möglich wie von Wechselstrom?*

Sogar besser als bei Wechselstrom, es ist einfacher. Es werden auch mehr Gleichstromleitungen erdverlegt.

*Wie sieht die Zusammenarbeit mit Forschungsanstalten wie zum Beispiel mit der ETH aus?*

Es ist schwierig. Die Zusammenarbeit zwischen diesen Institutionen und den Netzbetreibern wie Axpo oder Swissgrid ist sehr eng, daher reden die nicht gerne mit uns, zumindest nicht offiziell. Unter vier Augen sind sie zum Gespräch bereit und erzählen uns allerhand. Geht es aber darum das zu verwenden und beispielsweise ins Internet stellen zu dürfen, dann ist es schnell vorbei.

Für das obenerwähnte Gutachten zugunsten der Erdverlegung, mussten wir einen ausländischen Experten zuziehen. Einen Schweizer hätten wir nicht gefunden, da diese Institutionen mit der Elektrowirtschaft sehr stark verbunden sind. Die machen keine Studien, die denen nicht passen. Auch mit Firmen wie Brugg Cabels hatten wir lange Schwierigkeiten. Die stellen genau diejenigen Produkte her, die wir brauchen, es wäre also naheliegend, wenn wir zusammenarbeiten würden. Sie aber sagen, sie fänden unser Engagement gut, aber sie könnten uns nicht offiziell unterstützen, sonst seien sie weg vom Fenster.

Ich hatte jemanden bei der ABB, der mir sagte, nach seiner Pensionierung könne er mit uns zusammen arbeiten. Das war dann auch so, er hat uns beim Fall Riniken sehr stark unterstützt bei der Argumentation bezüglich der Vorteile der Verlustminderung bei Verkabelung. Er hat für uns Berechnungen gemacht, jedoch erst nachdem er bei der ABB weg war. Es hat in dann aber wieder eingeholt hat. Nach zwei Jahren Zusammenarbeit mit uns hat er gesagt es werde immer schwieriger, seine alten Kollegen würden ihn enorm kritisieren, weil er jetzt mit uns zusammenarbeitete. Er hat sich daraufhin wieder zurückgezogen und hilft uns nicht mehr offiziell.

Es ist eine verschworene Gesellschaft, ganz klar. Als es vor ca. 100 Jahren mit der Elektrifizierung losging, war es natürlich ein enormer Fortschritt, die Welt hat sich dadurch total verändert. Daher haben sie eine grosse Macht und vor 50 Jahren gab es keine Diskussionen, da war man froh, hatte man endlich Strom. Opposition ist für sie neu.

*Wie ist die Zusammenarbeit mit dem BAFU/BFE?*

Eigentlich sollten die neutral sein, es ist eine offizielle Behörde, welche die Interessen der Bevölkerung vertreten muss. Tatsache ist aber, dass sie sehr viel Kontakte mit den Stromleuten haben und daher schon beeinflusst sind. So hat beispielsweise das BAFU einmal geäussert, Bodenleitungen seien gar nicht so gut, es gäbe eine Bodenerwärmung, welche den Vegetationswachstum behindere. Da habe ich mit ihnen telefoniert und nachgefragt, woher diese Informationen stammen, es gäbe ja sicher Studien dazu. Die Antwort war, dass die Information von der Axpo stamme. Sie hätten kein Geld um eigene Studien durchzuführen,

sie müssten sich auf diese Informationen verlassen. Es gibt auch genügend Studien, die besagen, dass es absolut kein Problem ist, das die Erderwärmung irrelevant ist.

*Wie viele Mitglieder hat der HSUB?*

Wir sind in Gruppierungen organisiert. Es sind ca. 30 Gemeinden dabei, etwa gleich viele Organisationen und ungefähr 50 Einzelmitglieder. Nicht extrem gross, aber indem Gemeinden dabei sind, erreichen wir schon eine ziemliche Wirkung. Diese 30 Gemeinden sind für uns ganz wichtig.

*Sind das immer betroffene Gemeinden?*

Ja. Wir versuchten einmal potentiell betroffene Gemeinden einzuladen, aber da war das Echo gleich null. Wenn es einen nicht betrifft, dann.... Es ist schwierig den Leuten klarzumachen, was sein wird, wenn die Leitung mal da ist. Auch das ist eine unserer Aufgaben. Wir haben hier beispielsweise das Trasse mit Bändern ausgesteckt und wir haben Ballone auf die 80 Meter hochsteigen lassen, um die Dimensionen aufzuzeigen.

*Wie kam das bei der Bevölkerung an?*

Gut, es ist langsam gestartet, aber jetzt läuft es beinahe von selber. Wir haben über 200 Mitglieder aus den umliegenden Dörfern, nicht alle sind direkt betroffen, aber sie sind doch relativ nahe am Geschehen. Indem man immer wieder kommt und informiert wird es zum Thema.

*Merken Sie etwas von der bestehenden Leitung?*

Nein, überhaupt nicht. Wenn man direkt darunter steht, dann hört man sie surren. Für mich ist das Hauptargument nicht unbedingt Elektrosmog. Ich weiss nicht genau, was ich davon halten soll. Nicht alle Leute reagieren gleich darauf. Es wird sicher vieles den Leitungen zugeschrieben, dass möglicherweise andere Ursachen hat, es ist möglicherweise ein psychologischer Faktor vorhanden. Mir geht es um den Faktor Landschaftsschutz. Das Visuelle ist für mich wirklich das, was mich hauptsächlich bewegt. Man kann auch argumentieren, dass eine Landparzelle, die von einer Leitung betroffen ist, im Wert enorm sinkt. Das sind Tatsachen, wir haben auch mit dem Hauseigentümerverband diskutiert, das ist unbestritten so. Ob es auf harten Fakten beruht oder psychologisch ist, ist eigentlich egal, das Finanzielle ist eine Tatsache.

*Wie sehen Sie die Zukunft der Hochspannungsleitungen? Geht der Trend in Richtung Erdverlegung?*

Davon bin ich absolut überzeugt. Es ist eine logische Fortsetzung der Geschichte. Früher hatte es in jedem Dorf Leitungen und Drähte, sukzessive sind sie verschwunden. Immer grössere Leitungen werden erdverlegt und der letzte Schritt wird sein, dass auch noch die Grössten in den Boden verlegt werden. Es wird vielleicht Gebiete geben, wo es länger gehen wird, aber grundsätzlich ist es das Richtige für mich. Wir sind so eng aufeinander, immer mehr Leute, immer mehr Infrastruktur, wir haben keinen Platz mehr den Raum voll zuhängen mit diesen Dingen.

*Wie steht die Schweiz im europäischen Vergleich da, im Bezug auf Hochspannung ober- oder unterirdisch?*

Ähnlich wie in anderen Länder. Es gibt Länder, wie beispielsweise Dänemark, dort ist die Tendenz sehr stark in Richtung Erdverlegung, es gibt auch entsprechende Gesetzte, die das für neue Leitungen fordern. In Holland wird gerade eine 20 km lange Leitung erdverlegt, eine Ringleitung um Amsterdam. Und in Deutschland gibt es auch einzelne kürzere Abschnitte, die als Pilotprojekte gebaut werden. Aber überall, auch in Österreich ist es ein intensiver Kampf. HSUB ist momentan ziemlich im Trend, wir werden auch aus dem Ausland angefragt. Ein Elektroingenieur aus den Reihen des HSUB, ist relativ oft im Ausland und referiert über unsere Bestrebungen und unsere Erfolge. Die europaweite Vernetzung ist recht gut, kürzlich war ich in Berlin an einer Tagung, an einem Tisch mit der Elektrowirtschaft und den oppositionellen Gruppen.

*Wie kann man sich gegen den Bau einer Hochspannungsleitung wehren?*

Das ist eine Standardfrage, die mir oft von Betroffenen gestellt wird. Die Antwort ist ganz klar: Auf sich alleine gestellt kann man es vergessen. Man kann sich wohl wehren dagegen, versuchen mit dem Kopf durch die Wand zu gehen, aber alleine hat man keine grosse Chancen. Argumente zählen nicht wahnsinnig viel, es brauch politischen Druck, das heisst man muss sich mit Gleichgesinnten organisieren. Man muss vor allem versuchen, die Behörden auf seine Seite zu bringen. Mit der Presse Kontakt aufnehmen, der Kampf darf nicht im stillen Kämmerlein geführt werden, man muss hinaus gehen, sich vernetzen, das Internet verwenden und so weiter. Das ist die Chance die man hat. Das hat unsere Gegner teilweise auch etwas überrascht. Sie sind relativ konservativ und hierarchisch gegliedert und sind rasche Reaktionen nicht gewöhnt. Wenn man die etwas fragt, müssen sie immer zuerst sieben

Chefs fragen, bis sie zu einer Entscheidung kommen, bei uns ist innerhalb einer halben Stunde entschieden, was wir machen. Geld haben wir nicht, aber wir haben andere Vorteile.

*Wie sieht das Engagement des HSUB auf politischer Ebene aus?*

Wir haben den grossen Vorteil, dass unser Präsident (Jean-François Steiert) im Nationalrat sitzt. Wir sehen es als sehr wichtig an, dass wir auch sonst im Parlament gut vernetzt sind. So haben wir beispielsweise mit Lukas Reimann sehr gut zusammengearbeitet, er ist zwar gerade die andere Partei, aber in diesem Bereich hat das gut geklappt.

*Gibt es auch Vorstösse im Parlament?*

Ja jede Menge, teilweise mit uns koordiniert, teilweise unabhängig. Aktuell ist ein Vorstoss von Fournier aus dem Wallis. Solche Sachen sind auch immer auf unserer Internetseite nachzulesen. Unsere Internetseite hat, wenn nichts Besonderes ist jeden Tag etwa 40 Besucher, wenn gerade etwas läuft bis 200 Besucher.

*Erhalten Sie viele Anfragen von den Medien?*

Es ist nicht mehr so, dass ich hausieren muss. Am Anfang musste ich immer erklären, wer ich bin und was ich will, unterdessen kommen die Medien auf mich zu. Man kennt sich.

*Vielen Dank für das Gespräch*

Gerne geschehen

## Martin Kenner, Elektrosuisse (30. September 2013)

Zuerst einmal wichtig ist, das man von magnetischen Feldern spricht und nicht von Strahlen. Man hat sich international darauf geeinigt, dass man im niederfrequenten Bereicht nicht von Strahlung spricht, sondern von Feldern. Bei den Freileitungen im niederfrequenten Bereicht muss man ganz klar die magnetischen Felder vom elektrischen Feld trennen. Die magnetischen Felder lassen sich relativ einfach messen, ein kleines Messgerät, das dann sogleich das Resultat in Mikrotesla anzeigt. Sobald elektrische Felder gemessen werden sollen, wird es extrem heikel, weil der Mensch diese Felder beeinflusst. Man benötigt eine abgesetzte Sonde, es hängt stark von der Luftfeuchtigkeit ab, man muss die Sonde isoliert aufstellen, bei sehr feuchtem Wetter hätte man keine Chance elektrische Felder zu messen. Es haben sich schon viele an der Messung elektrischer Felder versucht. An der ETH Zürich hat einer beispielsweise seine Dissertation über das Messen elektrischer Felder von Freileitungen geschrieben und hat dabei drei Jahre geforscht bis er eine verlässliche Messmethode fand.

Magnetfelder lassen sich relativ einfach messen, man nimmt ein Messgerät, dieses hier ist beispielsweise ein 25'000.- teures Gerät, relativ komplex, man kann den Frequenzbereicht festlegen. Dieses Gerät kostet ca. 1'000.- und misst einfach alle magnetischen Felder im Bereicht von 10- 1000 Hz. Wichtig ist dass man isotroph (in alle Richtungen) misst. Die Felder sind dreiaxial und das Messgerät benötig drei Spulen um alle Achsen abdeckt, dadurch hat die Stellung des Geräts beim Messen keinen Einfluss. Bei Messungen mit ganz einfachen Geräten muss man Messungen in alle drei Ebenen durchführen und die erhaltenen Werte integrieren, was relativ mühsam ist.

Die Messung des magnetischen Feldes ist abhängig vom Masttyp. Typische Hochspannungsfreileitungen sind im Dreiphasensystem angeordnet, welches als R, S, T bezeichnet wird. Jetzt kommt es sehr auf die Anordnung von R, S, T an. Das grösste magnetische Feld ergibt sich, wenn sie parallel zu einander angeordnet sind, dass heisst R- R, S- S, T- T. Wenn man in diesem Fall auf dem Boden misst, auf einer Strecke von ca. 40 Metern, mit Messpunkten jeden Meter, ergibt sich je nach Belastung der Leitung eine Kurve, die etwa so aussieht. In der Mitte gibt es jeweils einen richtigen Kamelbuckel, weil sich die Felder dort teilweise kompensieren. Wenn sie anders angeordnet sind, z.B. R-T, S- S, T- R, dann kompensieren sich die Felder beinahe ganz, man spricht dabei von einer punktsymmetrischen Anordnung. Das ist der Idealfall, was von der Verordnung eigentlich auch vorgeschrieben wird.

Die Felder sind linear zum Strom, um die Werte in Relation zu sehen, muss man die Stromstärke kennen. Jeder Freileitungsmast hat unten ein Schild, auf dem der Besitzer der Leitung draufsteht, es steht auch die Leiteranordnung drauf. Es steht auch von wo die Leitung kommt

und wohin sie führt. Die Besitzer können im Allgemeinen Auskunft über die Belastung geben, beispielsweise ein Stundenprofil oder Tagesprofil der Belastung. Der Strom kann auf den verschiedenen Leitern auch in unterschiedliche Richtungen fliessen, dann wird das magnetische Feld kleiner. Einer Messung über 40 m sollte sich eigentlich ganz gut durchführen lassen und dabei sollte ein schönes Profil des Feldes herauskommen. Die Messhöhe ist normalerweise 1 Meter, das ist der Standart der sich etabliert hat.

Die Distanz zur Bahnlinie sollte ca. 100 Meter betragen, da die Bahn mit monopolaren Phasen arbeitet, dort gibt es kein Dreiphasensystem. Der Minusleiter ist die Erde. Dadurch dass die beiden Pole sehr weit auseinander liegen, ergibt sich ein sogenanntes monopolares Feld, dass sehr weitreichend ist und schwach abklingt. Ansonsten gibt es keine störenden Faktoren, auch das Wetter spielt keine Rolle. Bei jeder Feldmessung gehört aber einfach die Stromangabe dazu. Auch das magnetische Feld, welches von der Bahnlinie erzeugt wird, kann man mit einem solchen Gerät messen. Es gibt aber dort unglaubliche Schwankungen, aufgrund verschiedener Faktoren. Spitzen gibt es nicht unbedingt dann, wenn der Zug durchfährt, sondern wenn er im Bahnhof losfährt. Daher ist diese Messung relativ schwierig, gemäss der Verordnung für nichtionisierende Strahlung, gilt bei der Bahn ein Mittelwert über 24 Stunden. Wenn wir Bahnen messen, haben wir Messgeräte, die jede Sekunde aufzeichnen und anschliessend wird der Durchschnittswert berechnet.

Im Internet finden sich weiterführende Informationen, beim BAFU wird man fündig. Das Problem der Erdverlegung von Freileitungen ist letztendlich nicht nur eine Kostenfrage, sondern die Kapazität. Kabelleitungen habe eine so grosse Kapazität, dass sie dann keine Leistungen mehr übertragen können. Technisch ist es machbar, 300 km Höchstspannungsleitungen im Boden zu verlegen, aber man erreicht damit nie die Kapazität einer Freileitung und es wird auf diesem Weg unrentabel. Momentan gibt es die Bestrebung weg von Wechselstrom und hin zu Gleichstrom, was aber eine ganz andere Technologie ist. Bis jetzt funktioniert die Punkt zu Punkt Verbindung. Weil immer am Ende und am Anfang riesige Leistungselektroniken notwendig sind, funktionieren irgendwelche Abzweigungen nicht. Diese Schaltungen sind einfach noch nicht erfunden. Aber dazu wird geforscht.

In Zukunft könnten die Supraleitungen ein Thema werden. Diese funktionieren aber bis jetzt nur in der Nähe des absoluten Nullpunktes, man versucht mit der Temperatur heraufzukommen, momentan ist man bei ca. – 260 °C, aber die Leitung müsste auf der gesamten Strecke so stark gekühlt werden, Stickstoff genügt da nicht mehr. Aber das ist schon eine Technik mit Zukunft. Grosse Spulen funktionieren schon als Supraleiter, so hat beispielsweise CERN alles Supraleiterspulen, sonst könnten sie nicht so grosse Magnetfelder erzeugen. Der grosse Durchbruch bei den Supraleitern wäre, wenn man sie nur noch auf ca. – 180 °C küh-

len müsste, dann könnte man mit Stickstoff kühlen, dann wäre es realistisch, doch davon ist man noch weit davon entfernt.

Eine andere Herausforderung ist das SmartGrid, die dezentrale Stromerzeugung. Immer mehr Strom wird hin und her transportiert. Im Moment wird der billigste Strom an der Nordsee produziert und bei uns in den Pumpspeicherwerken gespeichert. Das sind unglaubliche Mengen, die da hin und her fliessen. Ob das Sinn macht? Es gibt Verluste, etwa 8 % der gesamten erzeugten Energie sind Übertragungsverluste. In Indien sind es ca. 40 %, weil dort der Strom noch gestohlen wird. Jedes Kraftwerk misst die Energie, die es erzeugt und alle Elektrizitätswerke zählen zusammen wie viel sie verkauft haben, dann hat man den erzeugten Strom und den verkauften Strom, die Differenz ist der Verlust.

## P. Müller, Landwirt Talacherhof (1. Oktober 2013)

*Vielen Dank, dass Sie sich für das Gespräch bereit erklärt haben. Ich habe mir im Vorfeld die Unterlagen, die Sie im Internet aufgeschaltet haben, angesehen. Wie sieht der Stand momentan aus?*

Jetzt hat die NOK die Enteignung eingeleitet, dadurch wird das Starkstrominspektorat (ESTI) eingeschaltet. Das grundlegende Problem ist, dass das ESTI die Sache von elektrischer Seite her sieht, mit den Tieren kennen sie sich nicht aus. Sie sagen ganz klar, dass die Richtlinien und Grenzwerte eingehalten werden. Diese Grenzwerte sind sicher eingehalten, aber ich habe eine Beeinträchtigung auf dem Betrieb. Diese Beeinträchtigung haben sie aufgenommen, gemessen und man hat versucht dem entgegenzuwirken, indem man das Dach geerdet hat. Man hat verschiedene Sachen gemacht, aber das ist nur Kosmetik. Es ist eine reine Illusion zu denken, das Dach nähme Strom auf und das Metall unten nähme keinen Strom auf. Ich habe heute Morgen wieder ein Telefon mit dem ESTI gehabt, bezüglich des Berichtes vom Besuch anfangs September. Dort wird stehen, dass die Werte durch die baulichen Massnahmen heruntergekommen sind. Nicht so weit, wie sie sein sollten, aber das wird in diesem Bericht natürlich nicht so stehen.

*Merken Sie eine Veränderung bei den Tieren aufgrund der getroffenen Massnahmen?*

Nein, es wird immer schlimmer. Das Problem ist klar die Melkerei, das ist immer der kritische Punkt und geht immer schlechter. Es variiert aber auch extrem. Ich kann es mir einfach nicht erklären, warum ich am morgen um halb sechs bis zu 10x mehr Strom messe, als abends um sechs.

*Das messen Sie in der Melkanlage?*

Nein, beim Blitzschutzleiter. Warum es solche Schwankungen gibt, kann mir einfach niemand erklären. Sie sagen, dass die Leitungen die ganze Zeit voll laufen.

*Wenn sie jetzt die Tiere auf der Weide direkt unter der Leitung haben, merken sie ihnen etwas an?*

Nein, da merkt man nichts. Das sagen die von den Hochspannungsleitungen auch immer, dass die Tiere ja genau gleich gerne hier weiden. Aber wenn die Rinder auf dem Humus stehen, sind sie gut isoliert. Wenn sie aber auf dem Betonboden stehen, der vielleicht zusätzlich noch nass ist, dann sieht es anders aus. Auf den Weiden ist das nie ein Thema. Es wird nur ein Problem, wenn sie auf festem Boden stehen. Weil da hat es ein Potential drin,

das Metall ist miteinander und mit der Armierung im Boden verbunden. Da kommt alles zusammen und in diesem Ecken dort haben wir immer Stromstärken um die 60 mA. In den Liegeboxen haben wir Strom drauf, auch dann wenn die Sicherungen draussen sind, dieser Strom muss ja irgendwoher kommen... Sie sagen, das induktiver Strom über diese Distanz nicht möglich wäre, aber ich sehe etwas anderes.

*Mit dem alten Stall war alles kein Problem?*

Damals war nur weiter weg ein Gebäude, es war auch kein Laufstall und die Tiere nicht im Freien.

*Die 380 kV-Leitung besteht schon seit 50 Jahren?*

Ja, genau. Die grosse Leitung ist eine Transitleitung vom AKW Beznau nach Zürich. Für die zweite Leitung sind die Verträge noch nicht abgelaufen, die steht seit 1993. Diese verlief zuerst vorne am Hof, dann wurde sie parallel zur anderen geführt.

Ich habe ihnen ganz klar gesagt, dass ich unter diesen Bedingungen nicht unterschreibe. Es ist eine gigantische Lobby. Sie sagen schon das ESTI sei neutral, aber ich bin mir da nicht so sicher, die geraten sich nicht ins Gehege. Auch die Schätzungskommission des Kreises 8, diejenigen, die dort dabei sind, geben mir zu denken. Zum einen verstehen sie überhaupt nicht von Strom und zum anderen sind die gekauft. Das haben wir gesehen, als wir dort Verhandlungen hatten. Die Erläuterungen, die ich dort gemacht habe, davon kam kein Wort ins Protokoll. Die Erläuterungen der Swissgrid und NOK, da kam alles ins Protokoll. So etwas mache ich einfach nicht mit. Ich wollte ja eigentlich eine Protokollführerin anstellen und zwar die Gemeindeschreiberin, aber das durfte ich nicht. Sie sagen, es sei eine Gerichtsverhandlung und die Gerichtsschreiber müssten schreiben. Sie können sagen was sie wollen, aber das nächste Mal stelle ich eine an, die schreibt dann nur für mich. Dann habe ich wenigstens etwas in der Hand. Es ist sehr schwierig da etwas zu erreichen.

Im Vertrag, den mein Grossvater unterschrieben hatte, ist klar festgelegt, dass wenn wir Beeinträchtigungen haben, die Leitung weg müsse.

Ich finde es einfach eine Frechheit, dass sie so auftreten können, seit anfangs Jahr alles an die Swissgrid übergegangen ist, hat sich das Ganze schon geändert. Die NOK, die war noch eher kooperativ und ging Kompromisse ein. Aber die Swissgrid muss erst eins auf Dach bekommen. Und sie haben einen gewaltigen Personalwechsel, ich glaube bis jetzt war noch an jeder Sitzung jemand anders anwesend.

Ich verstehe nicht, dass man das Leitungsnetz an einen gegeben hat. Zuvor hatte ja die NOK, die Zürcher und so weiter, ihre Leitungsnetze und die haben jetzt alles der Swissgrid verkauft. Wie diese Leitung hier, die steht ja schon über 50 Jahre da, da wurde höchstens noch der Masten neu gestrichen, aber sonst nichts. Und das haben sie jetzt verkauft!

*Sie kämpfen weiter?*

Ich habe schlicht keine andere Möglichkeit. So weiter machen, so weiter melken, dass können wir nicht mehr. Da muss etwas geschehen. Und sonst muss ich es selber wieder machen. Aber da sind natürlich Sachen gemacht worden, die sind im Graubereicht.

Da sind Funkentrennstrecken installiert worden, sodass der Blitzschutz nicht mehr mit dem Fundament verbunden ist und erst dann verbunden wird, wenn effektiv ein Blitz einschlägt und durch die Hitze eine Verbindung hergestellt wird. Aber das ist im Kanton nicht zugelassen. Das war ein Versuch. Erdungsinseln haben wir schon seit Langem, wir sind nicht mehr mit der Erdung von Trafo zusammengehängt.

Wir haben Messungen gemacht, wenn die Hauptsicherungen draussen sind und wenn sie drin sind und haben dabei keine Unterschiede festgestellt. Damit möchte ich eigentlich zeigen, dass es nicht an den Installationen liegt, sondern es kommt von irgendwo anders. Aber sie akzeptieren es schlichtweg nicht.

Ich habe gestern wieder mit dem Anwalt besprochen, wie wir weiter vorgehen wollen. Wir wollen, dass die Erdungen der Mästen wieder abgehängt wird und dass ein Interessengremium zusammengestellt wird, bestehend aus verschiedenen Leuten, die den Fall beurteilen würden. Ich sehe in diesem Gremium unter anderem auch das Tierspital Zürich, wenn sie sich dazu bereit erklären. Es ist ein Problem, jemanden in der Schweiz zu finden, man wird pensionierte Fachleute oder Leute aus dem Ausland heranziehen müssen. Die anderen stehen nicht hin. Ein Starkstrominspektor, der schon hier war, hat den Strom auch festgestellt. Ich habe ihm auch gesagt, er solle intervenieren, aber er meinte, er könne nicht.

Ich bin überzeugt, die Swissgrid wird den Hammer herunterfallen lassen und die Enteignung einleiten. Ich werde jetzt in dieser Hinsicht noch abklären, ob ich privatrechtlich vorgehen kann.

*Werden sie von der Gemeinde unterstützt?*

Nein, im Dorf betriff es halt keinen mehr. Ich bin zum Gemeindrat gegangen, die haben mir ganz klar gesagt, sie könnten dazu keine Stellung nehmen, weil sie eine öffentliche Instanz sind, das öffentliche Recht hat da natürlich Priorität.

*Haben alle die Verträge unterschrieben?*

Wie es aussieht, hat eigentlich jeder unterschrieben. Ich weiss von einem anderen hier in der Nähe, der auch Probleme hat.

*Ähnliche Probleme wie Sie?*

Nein, dort ist das Wohnhaus recht nahe an der Leitung. Sie haben ihm gesagt, dass sie die Masten höher machen würden, aber damit kommen sie wegen des Landschaftsschutzes jetzt nicht durch. Aber er hat den Vertrag unterschrieben, unter der Bedingung, dass die Masten höher werden, ansonst wäre der Vertrag nichtig.

Ich fand es schade, dass vom Bauernverband überhaupt keine Unterstützung kam. Ich habe da mit dem Aargauer Bauernverband geredet, die haben mir anfangs noch geholfen, aber vom Schweizerischen Bauernverband her... Ich bin eigentlich auf den Schweizerischen Bauernverband gekommen, weil uns in einem Gespräch mit der NOK gesagt wurde, die Verträge seien vom Bauernverband gemacht worden. Ich sagte, dass könne ja nicht sein, dass seien ja Blankoschecks. Die können auf dem Trasse machen was sie wollen. Darauf habe ich dem Bauernverband angerufen, die haben mir gesagt, sie würden nur die Entschädigungen festlegen. Den Vertrag selber machen sie nicht, sie sind nur für das Finanzielle zuständig. Im Gespräch mit der NOK haben uns natürlich gesagt, dass bis jetzt immer noch alle die Verträge unterschrieben hätten. Und mit denen paar wenigen, die nicht wollen, würden sie schon fertig werden. Ich könnte mir so etwas nicht vorstellen. Das ist eigentlich auch unser Vorteil, wie die auf dem hohen Ross sitzen, fallen sie sicher mal runter. Ich bin auch gespannt, wie das Frau Leuthard machen will, mit dem Netzausbau. Das ist schlichtweg nicht möglich. Darum sollten die sich eigentlich mal mit den Sachen befassen, und sagen, wie können wir das Optimum herausbringen. Ich kann mir vorstellen, bei mir wird es in nächster Zeit auf die Enteignung zugehen.

*Dann hätten Sie gar nichts mehr zu sagen?*

Sie enteignen mir nur das Recht. Die Beeinträchtigungen, die ich bei den Tieren habe, die muss ich ihnen beweisen können. Aber es ist einfach schade, dass es effektiv keine Grenzwerte gegenüber Tieren gibt. Weil die Grenzwerte gegenüber den Menschen sind nicht anwendbar, ein Tier ist sechs bis zehnfach empfindlicher als ein Mensch. Wir müssen schauen.

*Was wäre aus ihrer Sicht die Lösung?*

Ich sage einfach, ich will keine Beeinträchtigungen auf meinem Betrieb. Was sie machen ist mir egal. Von mir aus können sie die Leitung stehen lassen, aber ich will einfach den Strom

dieser Leitung nicht auf meinem Betrieb. Ich kann nicht sagen, wie das wäre mit der Leitung im Boden, weil das magnetische Feld ist sicher auch noch da, ich weiss einfach nicht in welchem Ausmass. Wahrscheinlich wäre es nicht mehr in dem Ausmass vorhanden, wie bei der oberirdischen Leitung. Ich verstehe beispielsweise auch nicht, warum man diese Drähte nicht einfach isolieren kann. Warum da einfach blanke Drähte durchführen, dadurch gibt es ja im Starkstromnetz gravierende Verluste. Das sehen sie jetzt bei der Erdverlegung, wie viel Verluste sie mit der Isolierung einsparen können.

Meine Philosophie ist ganz klar, aber da müsste natürlich ganz Europa mitmachen, dass die ganzen Transportwege nur noch mit Gleichstrom gemacht werden und nachher in Wechselstrom umgewandelt wird. Dann hätte man auch mit der Solarproduktion eine ganz andere Situation. Weil dort sehe ich noch ein anderes Problem gegenüber den Tieren, wenn man die Solarproduktion auf den Scheunendächern hat und dort dann Wechselstrom hat. Jeder Wechsel, auf landwirtschaftlichen Betrieben sind es ja rechte Flächen, da sind dann bald mal 100 kV Wechsler vorhanden, mehrere nebeneinander. Da muss mir keiner sagen, dass die kein magnetisches Feld machen. Aber das ist wieder ein anderes Thema, aber es wäre viel einfacher Gleichstrom zu transportieren.

Die Deutschen kommen jetzt mit dem, weil sie ja im Norden Ökostrom produzieren und ihn im Süden haben wollen, wenn sie ihn mit Wechselstrom runter schicken, haben sie im Süden keinen Strom mehr. Jetzt wollen sie es mit Gleichstrom machen. Die Franzosen sind jetzt auch dran, in der Wüste stellen sie Solarpanels auf und leiten den Strom durchs Mittelmeer nach Frankreich, das geht auch alles über Gleichstrom. Mit Gleichstrom ist es ein Kabel, ein recht grosses, isoliertes Kabel. Mit Wechselstrom, da reden sie von sechs Kabeln. Bei Wechselstrom entsteht Wärme, da gibt es Verluste, Gleichstrom gibt natürlich keine Wärme ab.

Aber das wird noch eine lange Zeit brauchen. Aber ich habe schon oft gesagt, durch die ganze Schweiz, ganz Deutschland haben sie Gasleitungen verlegt, das ging, aber diese Kabel in den Boden verlegen, dass geht nicht.

Wir werden schauen müssen, wie wir das Beste aus der Situation machen können.

*Vielen Dank für das Interview*

# Erklärung

Ich bestätige mit meiner Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und in schriftliche Form gebracht worden ist, dass sich die Mitwirkung anderer Personen auf Beratung und Korrekturlesen beschränkt hat und dass alle verwendeten Unterlagen und Gewährspersonen aufgeführt sind.

Datum: 8. Januar 2013 Unterschrift: