

Strom- Alpen transit und Umwelt, eine Zusammenfassung

Die Monatsseite 01 - 2006 der IG Stopp Elektrosmog

Autor: Markus Durrer, Malans
Ingenieurbüro markus durrer ecoengineer



Vom Stadtwerk zum europäischen Netz

Hochspannungsleitungen werden in den Alpen seit dem Bestehen von Hochdruckwerken (hoch gelegene Speicherseen) gebaut. Die erste Hochdruck- Speicheranlage, die 1897 fertiggestellte Anlage Campocogno der Brusiowerke, exportierte im ersten Betriebsjahr den Hauptanteil ihrer Stromproduktion nach Italien, weil die erste alpenquerende Transportleitung über den Bernina erst noch fertiggestellt werden musste.

So lange Hochspannungsleitungen waren etwas ganz Neues für die Schweiz, denn bis dato hat man fast nur Niederspannungsleitungen gebaut, die Stadtwerke (Flusskraftwerk, Dampfmaschine) mit den lokalen Verbrauchern verbunden haben. Diese Leitungen führten meistens den Strassen entlang und die Grundeigentümer waren vielfach auch bereit, ihren Boden zur Verfügung zu stellen für solche Niederspannungsleitungen.

Die neuen Hochspannungsleitungen konnten sich zu diesem Zeitpunkt auf keine Rechte stützen. Aus verschiedenen Gründen war es auch nicht möglich die Strassen für diese Leitungen zu benutzen, weil man ja auch möglichst geradlinige und kurze Leitungen wollte. Die Grundeigentümer standen diesen Überlandleitungen eher skeptisch gegenüber. Es gab damals noch kein Bundesgesetz, das Enteignungen von Land für solche Projekte ermöglichte. Zur raschen Errichtung dieser ersten Hochspannungsleitungen trug sicher die Tatsache bei, dass die anliegenden Dörfer von solchen Leitungen auch mit Strom versorgt wurden, obwohl das für die Überlandwerke teilweise ein Verlustgeschäft bedeutete. So konnten Grundeigentümer eher gewonnen werden, um ihr Land für Strommasten zur Verfügung zu stellen. Die Besitzer wurden auch entschädigt. Es wurden Tausende von Abkommen zu Fr. 5.- pro Stange ausgehandelt, manchmal für 10 Jahre, andere wiederum dauerhaft. Auch gab es Landwirte, die sich sträubten, solche Stangen in ihr Land setzen zu lassen. Sie befürchteten, dass die Leitungen die Milch ihrer Kühe sauer werden lassen, oder dass die Leitungen den Blitz auf ihre Häuser ziehen könnten und so weiter.

Trotzdem konnte die Elektrizitätswirtschaft bis Ende des 19. Jahrhundert, noch bevor ein eidgenössisches Elektrizitätsgesetz geschaffen wurde, 1500 bis 2000 km Hochspannungsleitungen mit etwa 35000 - 45000 Stangen bauen. Diese Leitungszüge erschlossen ausschliesslich gewisse Regionen und es gab kaum die Verknotungen einzelner Netze.

Dies änderte sich, als sich ab 1913 die Elektrizitätsgesellschaften zu Konzernen zusammenschlossen. Dies hatte auch die Vernetzung der Teilnetze zur Folge und auch der Stromexport nahm an Bedeutung zu. So nahm 1933 die erste 150kV- Leitung in der Schweiz von Lavorgo bis Amsteg über den Gotthard ihren Betrieb auf, 1953 stand auch die Lukmanier- Leitung von Metteln quer durch die Alpen nach Lavorgo ein Höchstspannungstrasse (220kV) zur Verfügung. Mit dem Bau der San Bernardino- Leitung 1961 mit einer Betriebsspannung von 380kV wurde die Kapazität des alpenquerenden Stromtransportes nochmals beträchtlich erhöht und das Unterwerk Metteln (Kt. LU) wurde zur wichtigsten Stromdrehscheibe in der Schweiz.

Laufenburg hingegen wird zum wichtigsten europäischen Stromknoten. In diesem Unterwerk werden 1958 im Rahmen der UCPTe die 220-kV-Versorgungsnetze von Frankreich,

der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz erstmals zusammengeschlossen.

Die zunehmenden Schwierigkeiten beim Weiterausbau von Wasserkraftwerken und auch bei Projekten mit ölbetriebenen thermischen Kraftwerken führten zum Entschluss, die Atomkraft auch in der Schweiz zu nutzen. 1969 nahm dann die NOK das erste Atomkraftwerk der Schweiz in Beznau seinen Betrieb (1969 Beznau 1 und 1971 Beznau 2 mit je 350 MW Leistung) auf. Mit Mühleberg (1972 BKW, 320 MW), Gösgen (1979 940 MW) und Leibstadt (1984, 990 MW) wurden schlussendlich fünf Atomkraftwerke realisiert. Der Bau eines sechsten AKWs in Kaiseraugst wurde durch massive Proteste und politische Opposition verhindert.

Die thermischen Kraftwerke (Öl, Kohle, Atom) in den Ballungsgebieten haben die Eigenschaft, eine konstante Menge an elektrischer Energie zu erzeugen. Der Verbrauch hingegen ist vom Wochentag, der Tageszeit und von weiteren Faktoren abhängig. Die Speicherkraftwerke in den Alpen sind in der Lage nach Bedarf Strom zu produzieren, Pumpspeicherwerke gar pumpen zu Zeiten einer Stromüberproduktion durch thermische Kraftwerke und Flusskraftwerke Wasser ins höher gelegene Staubecken und turbinieren Wasser wieder zu Zeiten hohen Bedarfs. Dies hat zur Folge, dass zu Zeiten mit geringer Last Strom in die Alpen transportiert wird, zu Zeiten mit grossem Strombedarf Energie wieder in die Ballungsgebiete transportiert wird. Italien entschied nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl auf die Nutzung der Atomkraft zu verzichten und deckt zunehmenden Strombedarf mit Importen aus dem Ausland, vor allem aus der Schweiz. Eine ähnlich grosse Strommenge wie aus der Schweiz nach Italien exportiert wird, wird aus Frankreich in die Schweiz eingeführt – die Schweiz wird zum Strom- Transitland.

Der Lawinenwinter von 1999, der Blackout in Italien im Sommer 2002, der Zusammenbruch des SBB- Stromnetzes letzten Sommer und der orkanartige Wintereinbruch im Spätherbst dieses Jahres in Deutschland zeigen uns aber klar wie störanfällig diese Überlandleitungen sind – sie sind die Achillesferse unserer Stromversorgung.

Seit der Inbetriebnahme der neuen Berninalleitung im Januar 2005 besteht genügend Reservekapazität, um den Ausfall einer anderen grossen Leitung nach Italien zu verkraften. Dieser Netzausbau macht Sils i.D. zum wichtigsten Ausgangspunkt für Alpenübergänge.

Wie umweltverträglich ist der Stromtransport?

Welche Zier eine Hoch- oder gar Höchstspannungsfreileitung in unser Landschaft ist, vor allem wenn sie auf einer Krete verläuft oder eine Ebene quert ist wohl allen bewusst. Die meisten kennen auch die Koronageräusche einer Hochspannungsleitung . Dieses 100Hz Geräusch ist aber nicht der einzige Koronaeffekt. Unter den hohen elektrischen Felder kommt es zu unzähligen Mikrobliitzen, die mit einer UV- Kamera sichtbar werden. Diese Mikrofunken erzeugen Ozon und NOXe. Auch emittieren elektromagnetische Wellen im Radiobereich.



Bild 1: Freileitungen bei Rhäzüns

Elektrische Felder sind immer vorhanden, wenn an der Leitung eine Spannung anliegt und ist somit nicht verbrauchsabhängig. Die Stärke von Koronaeffekten ist aber witterungsabhängig.

Wenn nun nicht nur eine Spannung anliegt, sondern wegen eines Verbrauches auch ein Strom fließt, entsteht radial um die Leiter je ein Magnetfeld. Die Magnetfelder der drei Phasen kompensieren sich allerdings gegenseitig. Theoretisch können sie sich gar gänzlich aufheben, wenn die Leiter kollinear angeordnet wären. In der Praxis bedeutet dies, dass die Magnetfeldstärke nicht nur stromabhängig, sondern auch abhängig vom Leiterabstand ist. Für höhere Spannungen ausgerüstete Trassen haben einen grösseren Leiterabstand und somit bei gleichem Stromfluss ein höheres Magnetfeld.

Die Stromübertragung ist aber auch verlustbehaftet. Auch wenn das nur ein paar wenige Prozente der übertragenen Leistung sind, so sind dies Prozente von einigen Gigawatts, die in Wärme umgewandelt werden.

Wir wissen auch, dass durch den jahrzehntelangen Abwasch der Gittermasten Zink in den Boden und eventuell ins Wasser gelangt, über die Umweltrelevanz dieser lokalen Zinkkonzentration wissen wir aber noch kaum etwas.

Mit einer Studie im Felde konnte auch ein Einfluss der Hochspannungsfreileitungen auf das Wachstum von Weizen nachgewiesen werden.

Können elektrische und magnetische Felder die Gesundheit gefährden?

Heute praktisch unbestritten ist das häufigere Auftreten von Leukämie bei Kindern, die nahe von Hochspannungsleitungen aufwachsen.

Bei Laborversuchen mit Ratten und Mäusen wurden schon unter dem Einfluss von relativ schwachen Magnetfeldern DNA-Strangbrüche (Erbgutsschädigungen) und Schädigungen von Gehirnzellen nachgewiesen.

Auch beunruhigend sind Beobachtungen, die einen Zusammenhang zwischen Melatoninhaushalt und magnetischen Wechselfeldern aufzeigen, denn dieses Hormon beeinflusst

zum Einen den Tag- Nacht- Rhythmus und wirkt zum Anderen Krebs verhindernd.

Eine britischen epidemiologische Studie bestätigt die Theorie des Physiker Denis Henshaw, dass die hohen elektrischen Felder von Hochspannungsleitungen die Luftverschmutzung viel gefährlicher machen könnte. Sogenannte Aerosole werden positiv und negativ aufgeladen, wenn sie mit dem Wind durch die hohen elektrischen Felder verfrachtet werden. Wenn sie dann vom Menschen eingeatmet werden, können sich diese wegen ihrer elektrischen Ladung viel leichter in der Lunge festsetzen.

Welche biologischen Schädigungen elektrische und magnetische Wechselfelder wirklich anrichten ist bis heute noch nicht abschliessend geklärt. Es gibt aber etliche Studien aus den USA, Grossbritannien, den skandinavischen Ländern und Deutschland, die eine durchaus erkennbare Kausalität von Belastung durch EMF zu bestimmten Krebsformen, Neuronalen Leiden, psychischen Erkrankungen (Depressionen) und weiteren gravierenden Gesundheitsproblemen und Befindlichkeitsstörungen auch bei Erwachsenen aufzeigen.

Schutz der Bevölkerung durch die NISV

Bereits bei einer Magnetfeldexposition, die einem Drittel des schweizerischen Anlagegrenzwertes für Orte mit empfindlicher Nutzung entspricht, ist das Risiko für Kinder an Leukämie zu erkranken 3 bis 4 mal höher wie bei Kindern, die keinen so hohen Magnetfeldern ausgesetzt sind. Die Einhaltung des Anlagegrenzwertes orientiert sich an der Feldstärke bei einer 100% Auslastung der Leitung. Eine so hohe Auslastung kommt aber nur in den seltensten Fällen vor. Auslastungen von 30-70% sind bei stark genutzten Überlandleitungen die Regel. So könnte man meinen, dass der gesetzliche Schutz in der Schweiz gar nicht so schlecht sei. Nun ist es aber so, dass diese Grenzwerte nur von Leitungen, die nach dem Januar 2000 bewilligt wurden auch tatsächlich eingehalten werden müssen. Alte Überlandleitungen müssen lediglich die Immissionsgrenzwerte einhalten und den Nachweis erbringen, dass die Phasen optimiert wurden. Die Praxis zeigt auch, dass bereits bei normalen Lastbedingungen dieser Grenzwert von einem Mikrotesla vielerorts klar überschritten wird.

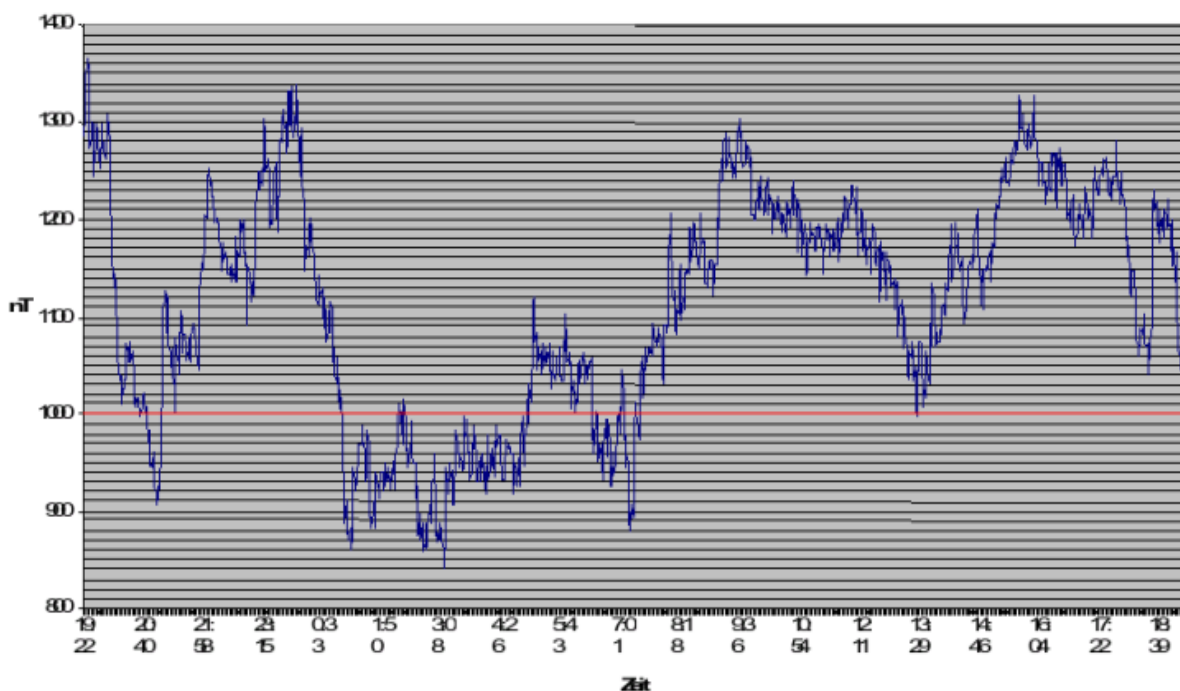


Bild 2: Messung 17./18.03.2005 in der zweit obersten Wohnung eines MFH in Fürstenu

Fazit ist, dass uns die Verordnung über nichtionisierende Strahlung (NISV) kaum ausreichend Schutz bietet. Bei einer Trasse mit Tonnenmast und zwei parallelen Strängen mit 380kV und einem Nennstrom von 1920A wird der Anlagegrenzwert erst ab einem radialen Abstand von 64m eingehalten.

Haben wir Alternativen?

Nebst Stromstärke und Phasenlage sind Leiterabstände und Leiteranordnung entscheidend, wie gross das Trasse umgebende Magnetfeld ist.

Den Leiterabstand können wir verkleinern, wenn die Spannung gesenkt oder die Isolationsfestigkeit des Mediums zwischen den Leitern erhöht wird. Eine kleinere Spannung zum Übertragen derselben Leistung hat einen grösseren Strom und somit wieder grössere Magnetfelder und höhere Energieverluste zur Folge und bietet sich als Alternative deshalb nicht an. Aber auch die Anordnung der Leiter in einem gleichschenkligen Dreieck hat gegenüber einer vertikalen oder horizontalen Anordnung eine Verkleinerung des Abstandes der beiden äusseren Leiter zur Folge. Aus dieser Erkenntnis muss der in der Schweiz sehr oft angetroffene Tonnenmast, bei dem links und rechts je ein Strang mit übereinander verlaufenden Leitern angeordnet sind, als relativ schlechte Anordnung bezeichnet werden. Das Magnetfeld eines Trasses mit Tonnenmast kann ein wenig reduziert werden, wenn beide Stränge parallel betrieben werden und die Phasen nicht auf der gleichen Ebene angeordnet sind. Oft verbinden die beiden Stränge auf dem selben Trasse nicht die gleichen Netzknoten und können deshalb nicht parallel betrieben werden. Trasses, wie zum Beispiel das, dessen Tonnenmasten einen Strang vom UW Benken zum UW Sils Ost und einen Strang vom UW Benken zum UW Sils West tragen, bei dem beide Stränge für eine Betriebsspannung von 380V ausgelegt sind, der eine Strang aber nur mit 220kV betrieben wird, sind bezüglich der Belastung durch Magnetfelder äusserst problematisch. Eine weitere Möglichkeit die Leiterabstände zu verkleinern besteht darin, ein anderes Medium (hochisolierende Kunststoffe, Öl, Isoliergas) zwischen den Leitern zu wählen, was aber bei Freileitungen nicht möglich ist.



Bild 3: Neues MFH in Fürstenuau mit EWZ-Trasse



Bild 4: MFH in Untervaz mit EWZ- & NOK-Trassen

Heute ist es möglich auch Höchstspannungsleitungen als kunststoffisolierte Kabel zu bauen. Solche VPE- Kabel (Vernetztes-Poly-Ethylen) werden meist in einem belüfteten Schacht verlegt, so dass die durch Leiterverluste entstehende Wärmeenergie abgeführt wird. Bei Wechselstromübertragung muss die Kapazität der Kabel alle paar Kilometer mit einer Drossel kompensiert werden. Erdverlegte Kabel erzeugen auf einer schmalen Breite ein sehr starkes Magnetfeld in Bodennähe.

Alternativ zum Kabel gibt es auch die GIL- Technologie (Gasisolierte Leiter). Das sind Rohre in der Art einer Pipeline, in dessen Zentrum ein Leiter mit Isolatoren gehalten wird. Der Hohlraum ist mit einem isolierenden Gasgemisch, das aus 20% SF6 und 80% Stickstoff besteht, gefüllt. GIL können bis zu einer Länge von 100km ohne eine Kompensation verlegt werden und zeichnen sich durch kleine Leistungsverluste aus. Eine GIL ist mit hohen Investitionskosten verbunden. Das Isoliergas Schwefelhexafluorid (SF6) ist für Mensch, Tier und Pflanzen ungiftig. SF6 ist aber ein starkes Treibhausgas und darf deshalb nicht in die Umwelt entweichen. Die GIL sind alle paar hundert Meter in abgeschottete Kammern unterteilt und die Kammern werden mit Sensoren auf Gasverluste überwacht.

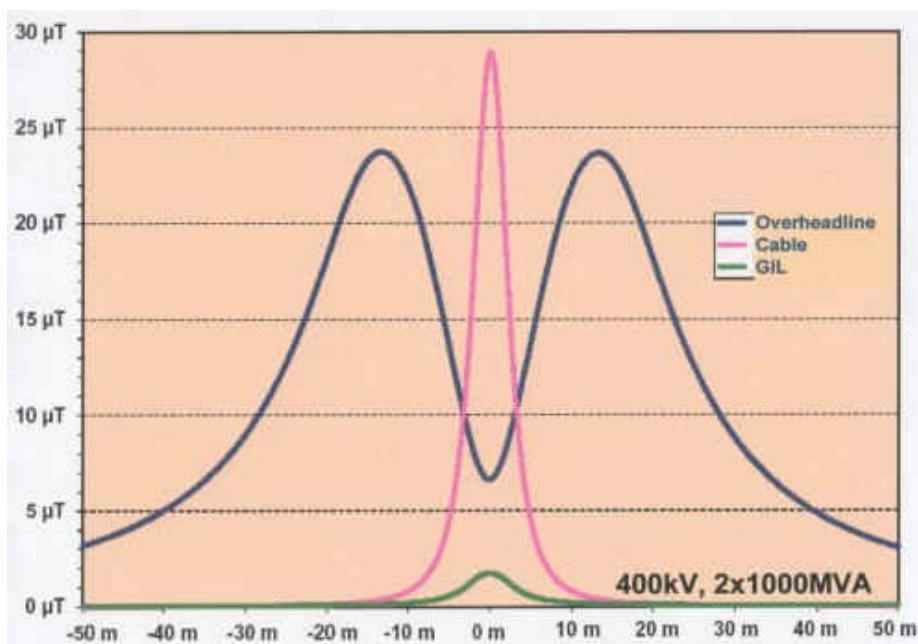


Bild 5 Quelle Siemens: Vergleich der Magnetfeldstärken bei einer Freileitung, eines Kabels oder einer GIL

Kabel und GIL haben grundsätzlich den Vorteil, dass die Energietrasse das Landschaftsbild nicht beeinträchtigt und für Vögel keine Gefahrenstelle darstellen. Sie haben aber auch den Nachteil, dass sie Wärme ins Erdreich oder in einen Tunnel einbringen. So wurde zum Beispiel die Idee eines GIL- Trasses durch den Gotthard Basistunnel schnell wieder verworfen, weil eine zusätzliche Wärmequelle im mittleren Bereich des Tunnels, wo so schon Temperaturen um die 40°C herrschen, den Betrieb der Bahn gefährden könnte. Was hat wohl die zu erwartende Erwärmung des hochalpinen Bodens durch das geplante Kabel der Firma Greenconnector AG zur Folge?

Bei diesem Projekt kommt noch eine weitere alternative Technologie zum Einsatz, die zwar nicht neu ist, aber noch nie im alpinen Bereich Anwendung fand – eine Hochspannungs- Gleichstrom- Übertragung (HGÜ) über zwei in einer stillgelegten Ölleitung verlegte Kabel.

Die Übertragung eines Gleichstromes hat gegenüber einer Wechselstromübertragung ein sehr viel kleineres Magnetfeld zur Folge und weist auch geringere Leitungsverluste auf. Dafür entstehen bei der Wandlung von Wechsel- nach Gleichstrom und wieder zurück Energieverluste und Wärme die abgeführt werden muss. Leider wird diese Abwärme

ungenutzt über Lüftungsanlagen an die Umwelt abgegeben. HGÜ- Anlagen weisen ab einer Länge von ca. 100km eine positive Energiebilanz aus. Sie haben den Vorteil, dass Erdkabel nicht alle paar Kilometer kompensiert werden müssen. Bei HGÜ können immer nur zwei Punkte miteinander verbunden werden.

Grundsätzlich stellt die HGÜ- Technologie in Verbindung VPE- Kabeln eine zukunfts-trächtige Technologie dar, wenn es um den internationalen Stromaustausch geht und der Strom über lange Strecken übertragen werden soll. Eine erdverlegte HGÜ ist kaum gefährdet durch Lawinen und Orkane, das Überschlagen der Spannung auf Bäume kann auch ausgeschlossen werden. HGÜ kann auch nicht überlastet werden. Eine HGÜ verhält sich nicht wie eine parallele Leitung zu anderen Leitungszügen. Die HGÜ- Converterstation entnimmt wie ein Verbraucher einen konstanten Wechselstrom aus dem einen Netz, überträgt die Energie als Gleichstrom zur Converterstation am anderen Ende der Leitung, wird dort wechselgerichtet und wie von einem Kraftwerk ins andere Netz eingespiesen.

Aber wo sollen denn diese neuen Netzknoten errichtet werden? Die Leitungskapazität von Sils i.D. auf die Alpensüdseite reicht bei weitem aus, um die in der Region produzierte Energie zu jeder Zeit vollständig nach Italien zu transportieren. Wird mit den Hochdruckwerken kein Wasser turbinieren, muss die Energie heute schon von Norden her über alte Freileitungen, die die Anlagegrenzwerte vielerorts nicht einhalten, nach Sils transportiert werden. In der Nähe befindet sich kein grösseres Pumpspeicherwerk, mit dem Energie zwischengepuffert werden könnte.

Von mir wurde bereits früher die Idee eines Standortes für die HGÜ- Converterstation beim UW Sarelli, Gemeinde Bad Ragaz, vorgeschlagen. Bedingung für diesen Standort wäre allerdings eine direkte Verbindung der UW Sarelli mit dem UW Mapragg mit einer Leitung durch den Berg. Das UW Mapragg ist im Gegensatz zum UW Sarelli heute schon an das 380kV Netz angeschlossen, zum Einen mit einer Freileitung über den Kunkelspass nach Bonaduz, zum Anderen mit einer Freileitung, die zum UW Beiken nordöstlich von Zürich führt. Ein weiteres wesentliches Kriterium ist, dass das Kraftwerk Mapragg ein sehr leistungsfähiges Pumpspeicherwerk ist. Auch könnte in diesem Zusammenhang die vom UW Sarelli aus geplante 380kV Freileitung Richtung Bodensee, welche die jetzige 220kV Leitung ersetzen soll, auch mit einer alternativen Technologie ausgebaut werden.

Grundsätzlich sollte aber die Transportkapazität ins Ausland nicht vergrössert werden, sondern betriebssicherer und umweltverträglicher gemacht werden. Grosse Transportwege bedeuten immer Energieverluste. Es ist deshalb sinnvoll, wenn zukünftig auf dezentrale Stromproduktion gesetzt wird. Dies bedeutet im Konkreten die Nutzung alternativer Energiegewinnung, zum Beispiel mit Biogaskraftwerken, Wärme- Kraftkopplungen, die geothermische Energienutzung usw, und natürlich eine Reduzierung des Energieverbrauches.

Die Entwicklung der Stromflüsse

Leider entwickelt sich der Strommarkt gerade in eine andere Richtung. Der Verbrauch steigt stetig und mit dem Paradigmawechsel im Elektrizitätsmarkt zum offenen und freien Handel werden sich die Transportwege verlängern, wenn nicht mit flankierenden Massnahmen entgegengewirkt wird.

Die EU hat 1996 die schrittweise Öffnung des Strommarktes beschlossen und die Industrielobby verlangt von der Schweiz einen einzigen Ansprechpartner für die Durchleitung elektrischer Energie durch die Schweiz. Die Schweizer Elektrizitätswirtschaft versucht mit der Schaffung der Swissgrid dieser Forderung nachzukommen. Swissgrid soll den Betrieb des gesamten Höchstspannungsnetzes in der Schweiz übernehmen. Die Besitzer der Leitungen werden dann entsprechend der transportierten Energie entschädigt, den Anwohnern entlang dieser Stromautobahnen bleibt die Belastung ohne Gegenleistung.

Nicht nur das, das neue Marktmodell wird gerade in den ländlichen Gegenden den Strompreis in die Höhe treiben. Der Gewinn aus der Energiegewinnung aus Wasser wird nicht mehr das aufwendige Verteilnetz auf der Mittel- und Niederspannungsebene in unserem Bergkanton mitfinanzieren. Das heisst wir müssen den Strom zu einem Marktpreis einkaufen und zahlen dazu die Gebühren für das regionale Verteilnetz, ein aufwendiges Netz mit langen Hausanschlüssen, dessen Kosten auf wenig Verbrauch verteilt werden muss.

Es ist davon auszugehen, dass die Greenconnector- Leitung des Rohstoffhändlers World Energie vom Unterwerk Sils aktiv Energie aus dem Schweizer Höchstspannungsnetz saugt und in Verderio in das italienische Höchstspannungsnetz einspeist und umgekehrt. Energie, aus der Schweiz, die nur zum Teil in regionalen Kraftwerken produziert wird, wird über die Greenconnector-, San Bernardino- und Bernina- Leitung vom UW Sils aus nach Italien exportiert. Genauso kann die Greenconnector AG Energie aus italienischen thermischen Kraftwerken beziehen, wenn dort ein Stromüberangebot besteht, mit dem dann zum Beispiel in den Pumpspeicherwerken Mapragg- Gigerwald und dem geplanten Linth-Limmern Wasser hochgepumpt werden kann. Mit der Realisierung des Greenconnector-Projektes mit einer Converterstation in der Nähe vom UW Sils ist über die Freileitungen, die von Sils nach Benken und von Sils nach Bonaduz führen, mit grösseren Stromflüssen zu rechnen und somit mit einer höheren Belastung durch Magnetfelder für die Menschen, die entlang dieser Leitungszüge leben.