

**380/220 kV-Leitung Beznau-Birr
Teilverkabelung Riniken**

**Stellungnahme
zur
Beschwerdeantwort der AXPO AG
vom 04.November 2010**

Heinrich Brakelmann

Universitätsprofessor an der
Universität Duisburg-Essen/ Campus Duisburg
Energietransport und –speicherung

Rheinberg, im Januar 2011

Vorwort des Verfassers

Dies ist nun die dritte Stellungnahme, die der Verfasser zur Frage einer möglichen Zwischenverkabelung im Bereich Riniken abzugeben hat, und zwar zur Vorlage beim höchsten Schweizer Gericht, dem Schweizerischen Bundesgericht.

Auch in dieser Stellungnahme ist der Verfasser um Neutralität und um sachgerechte Positionen bemüht.

Natürlich muß jedes Land für sich und unter den für dieses Land entscheidenden Aspekten und Randbedingungen die Frage: „Freileitung oder Kabel bzw. Zwischenverkabelung“ entscheiden, und zwar einerseits fallweise, zum anderen aber auch generell (präjudizierende Wirkung etc.). Man wird zu entscheiden haben, ob die Vermeidung bestimmter Beeinträchtigungen durch eine Freileitung ein höheres Gewicht hat als beispielsweise betriebliche Nachteile eines komplexeren, zwischenverkabelten Systems oder auch höhere Investitionskosten, die bei 380-kV-Kabeln in der Regel gegeben sind.

Die Art und Weise, wie die Diskussion hier zur Zeit geführt wird, erinnert den Verfasser an ähnliche Verfahren, wie sie in der Bundesrepublik Deutschland abgelaufen sind. Gemeint ist explizit eine Vermeidungs-Argumentation des Netzbetreibers, der sich den gegebenen Optimierungsmöglichkeiten bei den Kabelvarianten verschließt und nur unter ungünstigen Annahmen vergleicht.

In Deutschland hat sich diese Diskussion im Zusammenhang mit den Pilot-Trassen des EnLAG (Energieleitungs-Ausbaugesetz) gewandelt: der Verfasser stellt hier bei den Netzbetreibern ernsthafte Bereitschaft und den Willen zur Realisierung der erforderlichen Zwischenverkabelungen fest. Dies äußert sich beispielsweise in Kooperationen mit den Forschungseinrichtungen mit dem Ziel, offene Fragen zu klären und optimale Lösungen zu erarbeiten, verbunden mit einer großen Offenheit bei den Gesprächen mit den beteiligten Bürgern. In einigen Fällen scheint sich diese Haltung der Netzbetreiber bereits durch eine vergrößerte Akzeptanz der fraglichen Trassen auszuzahlen, woraus Folgerungen für vergleichbare Verfahren gezogen werden könnten.

Rheinberg, im Januar 2011



380/220 kV-Leitung Beznau-Birr /Studie Teilverkabelung Riniken

Stellungnahme zur Beschwerdeantwort der AXPO AG vom 04.November 2010

H. Brakelmann

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Vorgeschichte und Referenzen	4
1. Kurzfassung	5
2. Zur Auslegung nach Höchstlast 1920 A und Belastungsgrad $m = 1,0$ (Dauerlast)	7
3. Zur höchstzulässigen Leitertemperatur von VPE-Höchstspannungskabeln	8
4. Zur maximalen Lieferlänge und zu den Transport- und Legeproblemen	9
5. Zur Frage der Bodenerwärmung	11
6. Übergangsbauwerke	11
7. Auswirkungen der Stromwärmeverluste	12
8. Zur Verfügbarkeit der Kabelanlage	12
9. Zu den Kosten der Tunnelvariante	13
10. Zu den Kabelkosten	14
11. Zum Stand der Technik	14

380/220 kV-Leitung Beznau-Birr /Studie Teilverkabelung Riniken

Stellungnahme zur Beschwerdeantwort der AXPO AG vom 04.November 2010

0. Vorgeschichte und Referenzen

Der Verfasser war von der Gemeinde Riniken und privaten Einsprechern beauftragt worden, die technischen Ausführungen und die wirtschaftlichen und ökologischen Aussagen zu den betrachteten Kabelvarianten in der Studie [1] der Nordostschweizerische Kraftwerke AG (im Folgenden: „[AXPO 1]“) zu begutachten. Die Ergebnisse dieser Begutachtung sind in der Studie [2] zusammengefasst.

Zu dieser Studie [2] (im Folgenden: „[Brakelmann 1]“) gingen beim Schweizerischen Bundesverwaltungsgericht die Stellungnahmen [3] (im Folgenden: „[AXPO 2]“) bis [7] ein, die anschließend in einer zweiten Studie des Verfassers [8] (im Folgenden: „[Brakelmann 2]“) kommentiert wurden.

Nach ergangenem Urteil des Schweizerischen Bundesverwaltungsgerichtes [9] ist die Angelegenheit jetzt beim Schweizerischen Bundesgericht anhängig. Hierzu hat die Firma AXPO AG eine neue Stellungnahme abgegeben [10] (im Folgenden: „[AXPO 3]“), in der wesentliche Aussagen der Studie [Brakelmann 2] kommentiert werden.

Einige der AXPO-Aussagen zu Punkten, die für die Entscheidungsfindung durch das Bundesgericht bedeutsam sind, sollen nicht unkommentiert bleiben, wobei die nachfolgenden Kommentare in möglichst kurzer Form zusammengestellt sind.

- | | | |
|-----|-----------------------------|---|
| [1] | NOK | Umbau 220-kV-Leitung Beznau-Birr auf 380/220 kV
Studie Teilverkabelung Riniken
Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Studie Mai 2004
„[AXPO 1]“ |
| [2] | H. Brakelmann | Begutachtung der NOK-Studie: Umbau 220-kV-Leitung
Beznau-Birr auf 380/220 kV/ Teilverkabelung Riniken
Studie 2009; „[Brakelmann 1]“ |
| [3] | NOK | Stellungnahme zur „Begutachtung der NOK-Studie“
Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Oktober 2009
„[AXPO 2]“ |
| [4] | ESTI | Stellungnahme zur „Begutachtung der NOK-Studie“
Eidgenössisches Starkstrominspektorat, November 2009 |
| [5] | swissgrid | Anschreiben NOK; Strategisches Übertragungsnetz
Stellungnahme, 06.10.2009 |
| [6] | K. Fröhlich
H. Glavitsch | Stellungnahme zu den Studien NOK-2004 / Prof. Brakel-
mann 2009 bezüglich der Teilverkabelung-Riniken
Baden, Oktober 2009 |

- | | | |
|------|-------------------------------|--|
| [7] | UVEK/BAFU | Stellungnahme zur „Begutachtung der NOK-Studie“
Vernehmlassung im Beschwerdeverfahren, Oktober 2009 |
| [8] | H. Brakelmann | 380/220 kV-Leitung Beznau-Birr /Studie Teilverkabelung
Riniken; Anmerkungen zu den Stellungnahmen
Studie Januar 2010; „[Brakelmann 2]“ |
| [9] | Bundes-
verwaltungsgericht | Urteil vom 1. Juli 2010 |
| [10] | AXPO Netze | Beschwerdeantwort für AXPO AG
Schreiben an das Schweizerische Bundesgericht,
04.Nov. 2010 „[AXPO 3]“ |
| [11] | nkt cables | XLPE-Höchstspannungskabel 220-kV und 380-kV-Kabel-
verbindung „Riniken“
Angebotsschreiben vom 29.10.2010
(vergl. 1. Angebot in [Brakelmann 2] vom 21.12.2009 |
| [12] | ENTSOE
Europacable | Feasibility and technical aspects of partial undergrounding
of extra high voltage power transmission lines
joint paper der Europäischen Netzbetreiber und der Euro-
päischen Kabelhersteller, Januar 2011 |

1. Zusammenfassung

Zunächst seien diejenigen Aspekte der folgenden Abschnitte aufgeführt, über die erfreulicherweise inzwischen Einigkeit besteht:

1. Die geforderte Übertragungsleistung (1920 A Dauerlast) kann auch mit nur zwei Kabelsystemen bei einem maximalen Kupferleiterquerschnitt von 2500 mm² übertragen werden, - und zwar sowohl für die Erdverlegung in Rohren wie auch (erst recht) für die Tunnelverlegung. Diese Varianten waren auch den Wirtschaftlichkeitsberechnungen in [Brakelmann 2] zugrundegelegt worden.
2. Lieferlängen der 380-kV-Kabel von 1000 m und mehr sind kein Problem (mehr als fünf europäische Hersteller).
3. Der Transport dieser Längen zur Trasse (Umschlagplatz im unteren Trassenbereich) ist kein Problem.
4. Die bereits in [Brakelmann 2] technisch und wirtschaftlich berücksichtigte, mitverlegte und installierte Reserveader stellt die (n-1)-Sicherheit der Übertragung hinreichend sicher (vergl. [6] und [AXPO3]).
5. Die Kabelkosten sind durch aktuelle Angebote bestätigt, unabhängig von den inzwischen veränderten Wechselkursen.
6. Die Stromwärmeverluste der Freileitung auf der diskutierten Trasse sind im vorliegenden Fall weitaus höher als diejenigen der Kabel (2500 mm² Cu). Dies hat wirtschaftliche und ökologische Auswirkungen.

Einigkeit sollte in den folgenden Punkten zu erzielen sein, wenn AXPO sich dem inzwischen von den Europäischen Netzbetreibern und den Europäischen Kabelherstellern gemeinsam veröffentlichten Wissens- und Erfahrungsstand [12] anschließt, nämlich:

7. Die Design-Leitertemperatur der Höchstspannungskabel ist 90°C (und nicht 80°C). Für den Notbetrieb (hier: 1920 A) werden teilweise zeitbegrenzt noch höhere Temperaturen zugelassen.
8. Die Bodenerwärmung im Pflanzbereich ist selbst direkt oberhalb der Kabel gering, im vorliegenden Fall < 1°C, und außerhalb der Trasse völlig vernachlässigbar. Die Trasse kann uneingeschränkt und ohne Nachteile landwirtschaftlich genutzt werden. Bei der Tunnellösung ist, wegen der konvektiven Wärmeabfuhr an die Umgebung, die Bodenerwärmung völlig zu vernachlässigen.
9. Wird die vorgegebene Höchstlast nur für einen begrenzten Notbetriebszeitraum verlangt – in [12] sind dies 70 h – so kann der Aufwand im Hinblick auf die Kabel und/oder auf die Trassenbreite erheblich verringert werden.
10. Die Möglichkeit der Verlegung von 1000 m-Kabellängen im vorliegenden Gelände wird von AXPO bestritten. Hier liegt mangelndes Wissen vor, gepaart mit [Ax1].

Erhebliche Widersprüche bestehen in den folgenden Punkten:

11. AXPO bleibt jeglichen Nachweis der geforderten Dauer-Übertragungsleistung (1920 A), beispielsweise über sonst übliche Lastfluß-Berechnungen und –Prognosen, schuldig. Von den ETH-Professoren wird in [6] plausibel gemacht, daß diese Übertragungsleistung auf dieser Trasse erst unter einer unrealistischen (n-3)-Situation (gleichzeitiger Ausfall dreier Parallelstrecken) erforderlich würde.
12. Zur Erzielung wirtschaftlicher Lösungen müssen Kabelanlagen fallweise ausgelegt werden. Optimierungsmaßnahmen sind hierbei eine zwingende Ingenieuraufgabe und nicht, wie in [AXPO3] dargestellt, eine „*Kumulation der für eine Kabelvariante günstigsten Annahmen*“.

Als Fazit zu diesen Punkten mag das Zitat aus [AXPO 1] einen Hinweis zum Leitfaden aller drei AXPO-Studien geben: „*Die präjudizielle Wirkung einer Teilverkabelung und im speziellen auf den vorgesehenen Spannungsebenen darf nicht außer Acht gelassen werden.*“

Dieser Basis-Ansatz führt anscheinend zu dem sich in [AXPO 3] und [AXPO 2] mehrfach wiederholenden Axiom (im Folgenden: „[Ax1]“):

„...gibt es keinen sachlichen Grund,... von dieser bewährten Praxis abzuweichen.“

Allerdings sollte auch ein weiterer positiver Gesichtspunkt nicht übersehen werden:

13. Es heisst in in[AXPO3]: „...ist seitens der Beschwerdegegnerin nachfolgendes zu entgegen, wobei insbesondere auf die Stollenvariante eingegangen wird.“ Tatsächlich werden in [AXPO3] keine wesentlichen Argumente gegen die direkte Erdverlegung der Kabel in Rohren dargelegt, so dass hier eine anscheinend akzeptierte Variante vorliegt, die den Forderungen der AXPO hinsichtlich Übertragungsleistung und Zuverlässigkeit (eine Reserveader ist inkludiert) genügt. Da die in [Brakelmann2] angegebenen Kosten für Tunnelvariante und Erdverlegung sehr ähnlich sind, scheint hier eine Basis zum Kostenvergleich gegeben zu sein.

2. Zur Auslegung nach Höchstlast 1920 A und Belastungsgrad $m = 1,0$ (Dauerlast)

„Das Übertragungsnetz der Beschwerdegegnerin wurde in der Vergangenheit zur Aufrechterhaltung eines sicheren Netzbetriebes mit den angegebenen Höchstlasten und Lastfaktoren dimensioniert. Diese Auslegung hat sich in der Vergangenheit bewährt, und **es gibt für die Beschwerdegegnerin keinen Anlaß, von dieser bewährten Praxis abzuweichen** und wegen geringfügigen wirtschaftlichen Optimierungen Schwachstellen einzubauen...“.

([Ax1], Anm.d.Verf.). Weiter heißt es:

„Mit verletzbaren Netzzuständen ($(n-1)$ -Kriterium nicht mehr erfüllt) muß deshalb in Zukunft vermehrt gerechnet werden. Um im verletzbaren Netzzustand die gleiche Leistungsreserve wie eine Freileitung vorzuhalten, sollte eine Verkabelung oder Teilverkabelung mit der gleichen thermischen Grenzleistung wie eine Freileitung ausgeführt werden. Dies ist eine europaweit anerkannte Maxime. Im Falle Riniken **gibt es keinen plausiblen Grund, davon abzuweichen**. Der Vorwurf unzutreffender Aussagen zur Höchstlast mit einem unsinnigen Belastungsgrad erweist sich deshalb als unbegründet.“ ([Ax1], Anm.d.Verf.).

Hierzu stellen die beiden ETH-Professoren in [6] fest:

„Der 380-kV-Stromkreis verbindet den Knoten Beznau über Obfelden mit der Unterstation Mettlen und bildet damit einen Teil des Höchstspannungsübertragungsnetzes. Dieser Strang liegt in Nord-Süd-Richtung parallel zu 5 bereits bestehenden 380-kV-Stromkreisen. Hohe Belastungen auf diesen Stromkreisen dienen dem Transit über die Alpen. Die maximal zulässige grenzüberschreitende Leistung von der Schweiz nach Italien ist mit 3050 MW [1] (Stand 2003)' festgelegt, wofür auf dem 380-kV-System heute Einfachstromkreise über den Lukmanierpass und den Bernadinopass, sowie zwei Stromkreise über den Berninapass zur Verfügung stehen. Parallel verlaufen einige grenzüberschreitende 220-kV-Stromkreise. **Diese Struktur lässt den Schluss zu, dass auf den obengenannten 5+1 dazumal bestehenden Stromkreisen nicht mehr als 3600, gegebenenfalls 4200 MW fließen können, d.h. pro Stromkreis 600 -700 MW als Maximalleistung...“.** (600...700 MW \equiv **912...1064 A**. Anm.d.Verf.) Und weiter:

„Es wird noch festgehalten, dass die maximale grenzüberschreitende Leistung vor dem Stromausfall in Italien 12) 3610 MW betrug. ...Der 220-kV-Stromkreis dient der Lokalversorgung des NOK-Netzes im Nordosten der Schweiz und führt keinerlei Transite. Die Durchschnittsbelastung dieser 220-kV-Stromkreise liegt zwischen 150 und 250 MW.“

(150...250 MW \equiv **394...656 A**. Anm. d. Verf.)

Demnach liegen nach dem Ausbau sechs parallele 380-kV-Stromkreise vor, von denen jeder von der Netzkonfiguration her im Normalbetrieb maximal 1064 A führen kann. Fällt einer dieser Stromkreise aus, so verteilt sich seine Last auf die verbleibenden fünf, die demnach unter $(n-1)$ -Bedingungen maximal 1.277 A führen müssen. Fällt ein zweiter Stromkreis aus (d.h. $(n-2)$), so bedeutet dies für die verbleibenden vier einen maximalen Strom von 1.543 A. Erst bei Ausfall eines dritten Stromkreises ($n-3$) muß ein Strom von 1898 A über die Dauer des Ausfalls geführt werden, der der AXPO-Forderung von 1920 A nahekommt.

Das 220-kV-Kabel ist bei der vorgenommenen Auslegung (2500 mm² Cu) überhaupt nicht spürbar belastet.

Die AXPO-Forderung, das Kabel müsse dieselbe Leistung wie die Freileitung ermöglichen, ist nicht akzeptabel. Wenn wirtschaftliche Maßstäbe eine Rolle spielen, dann muß sich die Auslegung der Teilverkabelung ausschließlich an den Netzverhältnissen, d.h. an den künftig zu erwartenden, größtmöglichen Belastungen orientieren. Hierzu bleibt festzuhalten, daß AXPO jeglichen Nachweis des geforderten Dauer-Übertragungsstromes von 1920 A, beispielsweise über sonst übliche Lastfluß-Berechnungen und –Prognosen,

schuldig bleibt. Und die obigen Ausführungen in [6] machen deutlich, daß die geforderte Übertragungsleistung völlig überzogen ist.

Festzuhalten bleibt aber auch, daß selbst für diese praxisferne Forderung (1920 A als Dauerstrom) eine Realisierung mit nur zwei marktüblichen Kabelsystemen sowohl bei einer Rohrverlegung im Boden als auch bei der Tunnelvariante möglich ist. Diese Varianten wurden in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen in [Brakelmann2] berücksichtigt.

Auch von nkt cables wird – trotz der extremen Vorgaben (1920 A als Dauerlast) - eine Variante mit nur zwei Kabelsystemen vorgestellt:

„Bei Möglichkeit einer flachen Legeanordnung kann je ein System 220-kV und 400-kV mit einem Leiterquerschnitt $1 \times 2500 \text{ mm}^2$ Cu eingesetzt werden...“

Und weiter: *„...Wir möchten darauf hinweisen, daß o.g. Varianten nur aufgrund der gewünschten Übertragungsleistung dimensioniert wurden.“*

Zu möglichen Optimierungen heißt es bei nkt: *„Bei den Berechnungen sind wir von konservativen Randbedingungen ausgegangen (thermische Widerstände, Temperaturen, etc.). Falls diese **mit Ihrem Einverständnis optimiert werden können**, ist gegebenenfalls auch der Einsatz von Kabeln mit geringerem Leiterquerschnitt oder der Ersatz eines Kabels mit Aluminiumleiter (z.B. als Massivleiter bis 2000 mm^2) aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten möglich.“* ...oder dass, – hier vergessen zu erwähnen – auch ein schmalerer Kabelgraben möglich wird (Anm.d.Verf.).

Das Einverständnis zu irgendeiner Optimierung ist auf seiten AXPO ganz offensichtlich nicht vorhanden (s. [Ax1]), wie auch die sonstigen Beispiele der nachfolgenden Abschnitte zeigen.

In [12] wird anhand eines Vergleichs: Kabelauslegung nach Dauerlast oder aber für zeitlich begrenzten Notbetrieb über 70 h, gezeigt, daß im zweiten Fall erhebliche Einsparungen am Kabel und/oder am Kabelgraben erreicht werden.

Zur Diskussion um einen Belastungsgrad $m < 1,0$ sei auf [Brakelmann2] verwiesen, eine weitere Diskussion ist müßig: auch bei den zitierten Blackouts gab es keinen zeitkonstanten Strom über eine Dauer von z.B. mehr als vier Wochen. AXPO möge hierzu aus den vergangenen Jahrzehnten eine einzige Betriebssituation im Hoch- oder Höchstspannungsnetz nachweisen mit einem konstanten, über mehrere Wochen nicht schwankenden Höchststrom (Grundlast-Kraftwerksausleitungen ausgenommen).

3. Zur höchstzulässigen Leitertemperatur von VPE-Höchstspannungskabeln

In [AXPO 3], S. 5, heißt es:

*„Die Beschwerdeführer machen weiter geltend, die Beschwerdegegnerin mache falsche Angaben zur höchstzulässigen Leitertemperatur. Es ist grundsätzlich richtig, daß im Normalbetrieb eine Leitertemperatur von 90°C zugelassen ist. Die Lebensdauer eines Kabels wird mit 40 Jahren angegeben. ...Mit anderen Worten je höher die Leitertemperatur im Betrieb ist, umso schlechter ist das Alterungsverhalten der Isolation. Aus diesem Grunde betreibt die Beschwerdegegnerin Kabelleitungen in 50/110-kV-Verteilnetzebene seit Jahren mit einer Leitertemperatur von maximal 80°C . Aufgrund von mehr als 30 Jahren Betriebserfahrungen **gibt es keinen sachlichen Grund**, im Übertragungsnetz und unter der oben erwähnten Zunahme der Belastung des Übertragungsnetzes **von dieser bewährten Praxis abzuweichen**.“* (vergl. [Ax1], Anm.d.Verf.).

Kommentar: Hätte AXPO in den letzten 30 Jahren als höchstzulässige Leitertemperatur nicht 80°C, sondern nur 40°C gewählt, so wären die Erfahrungen ähnlich positiv. Allerdings wären sie dies auch dann, wenn AXPO – wie es weltweit üblich ist – die in der IEC-Publikation 62067 international verbindlich festgeschriebenen 90°C gewählt hätte. Auch sei auf die gemeinsame Studie der Europäischen Netzbetreiber (ENTSOE) und der Europäischen Kabelhersteller (Europacable) in [12] verwiesen, in der natürlich ebenfalls die Höchstspannungs-Kabeltrassen mit 90°C-Leitertemperatur ausgelegt werden.

Zusätzlich sei erwähnt, daß es eine Reihe von Anwendungsfällen gibt, bei denen für die Notbetriebssituation – das wären hier lt. AXPO die 1920 A – sogar eine erhöhte Leitertemperatur von z.B. 95°C zugestanden wird; so beispielsweise bei der Zwischenverkabelung im Amsterdamer Südring über eine Notbetriebsdauer von vier Wochen.

Die obige AXPO-Stellungnahme läßt das Wesen der hier geführten Diskussion sehr deutlich werden:

AXPO ist ganz offensichtlich nicht bereit, die infragekommenden Kabelvarianten ernsthaft, das heißt mit dem Bemühen um technisch/wirtschaftliche Optimierungen zu untersuchen. Solche Optimierungen innerhalb eines Projektes gehören zur Basisaufgabe des Ingenieurs. Sie führen in der Regel zu einem günstigen, da optimierten Ergebnis, das aber lt. [AXPO 3] als „*Kumulation der für eine Kabelvariante günstigsten Annahmen*“ angesehen werden muß.

Das Gegenteil ist richtig: AXPO bemüht sich in jedem einzelnen Arbeitspunkt zielgerichtet um eine „*Kumulation der für eine Kabelvariante ungünstigsten Annahmen*“. Man erkennt dies z.B. bei den AXPO-Darstellungen zu

- Lieferlängen
- Transport
- Verlegung
- Dauerlast-Strom
- Leitertemperatur
- Verfügbarkeit
- Anlagenkosten
- Betriebskosten

und anderen mehr, wie dies in den nächsten Abschnitten weiter verfolgt werden kann.

4. Zur maximalen Lieferlänge und zu den Transport- und Legeproblemen

In [AXPO 3], S. 6, geht es um die wichtige Frage, ob die 950 m lange Kabeltrasse ohne Verbindungsmuffen realisiert werden kann. Hierzu bestätigt AXPO zunächst, daß die in [3] und [4] vorgelegte Herstellertabelle zu den Lieferlängen ein völlig falsches Bild geliefert hatte. Weiter führt AXPO aus:

„Aufgrund von Brakelmann2 wurden die gleichen Hersteller im Herbst 2010 nochmals konkret angefragt. Es ist zwar richtig, daß die erforderlichen Kabel von allen Herstellern in einer Länge von rund 1000 m hergestellt werden können. Die technischen Möglichkeiten zur Herstellung....sind aber für die konkrete und effektive Länge der Kabel nicht allein entscheidend. Die beiden Schweizer Kabelwerke Brugg und Nexans, die mit den Gegebenheiten vor Ort in Riniken vertraut sind, empfehlen aus Sicht des Transportes, der auszuführenden Kabeltrasse und unter Berücksichtigung des Einzuges der Kabel jedoch zwei Teillängen vorzusehen.“

Allerdings hat man mit den Kabelwerken Brugg bei einem Hersteller angefragt, der selbst nicht in der Lage ist, die Kabelanlage in nur einer 950m-Länge zu liefern...

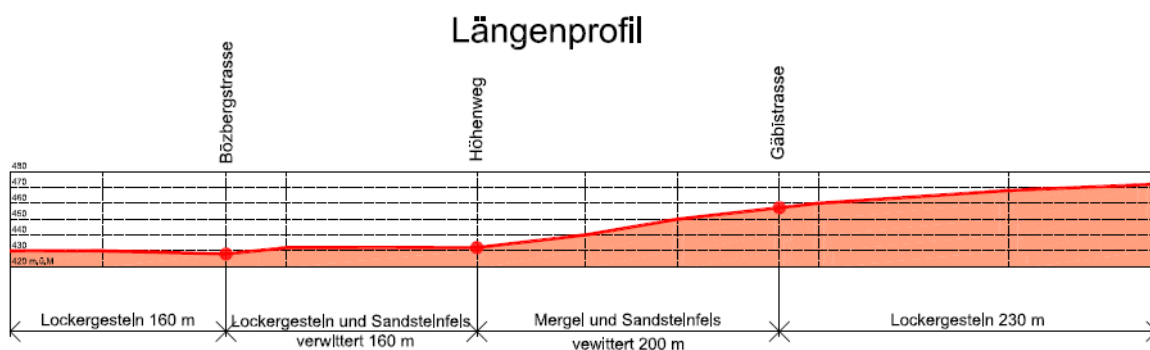
AXPO weiter:

„Die Firma nkt aus Deutschland bestätigt, daß in Abhängigkeit von Transport, Kabeltrasse, Kabelrollen und Gesamtgewicht durchschnittliche Längen von 750 bis 1000m möglich sind.“

Tatsächlich heißt es in dem zitierten nkt-Angebot:

*„In Abhängigkeit von Transport, Kabeltrasse, Spulenkapazität und Gesamtgewicht sind **durchschnittliche** Lieferlängen von 750 – 1000 m möglich. Ohne weiteres können wir größere Längen fertigen und liefern, wenn dies erwünscht und trassenbedingt möglich ist (z.B. **2000m Längen und größer**).“*

Ohne eine Trassenbeschreibung durch AXPO kann natürlich kein Kabelhersteller (so auch nicht nkt in ihrem Angebot) ausschließen, daß im Extremfall zwei Teillängen erforderlich werden könnten. Dieser Extremfall liegt in Riniken aber keineswegs vor. Es liegen auf der 950 m langen Trasse moderate Steigungen mit einer Höhendifferenz von insgesamt rd. 40 m vor, vergl. untenstehendes Längenprofil.



Erfreulicherweise hat inzwischen auch AXPO festgestellt, daß es keine Transportprobleme bis zum unteren Trassenpunkt hin gibt. AXPO baut hier aber sofort ein zweites, anscheinend unlösbares Problem auf: das Einziehen der Kabellängen in den Stollen oder in die Leerrohre:

„Es ist zwar richtig, daß die in der Nähe des unteren Anfangspunktes der Kabeltrasse vorbeiführende Bözbergstrasse eine Schwerverkehrsachse ist...Es ist auch denkbar, daß das Kabel vom Umschlagplatz zum 200m entfernten unteren Anfangspunkt der Kabeltrasse geführt werden kann.“

Es wird aber geflissentlich nicht darauf eingegangen, wie die bis zu 35 t schweren Kabel durch den Stollen oder den Rohrblock zum rund 50 m höher gelegenen oberen Anfangspunkt der Kabeltrasse gezogen werden können, ohne die maximale Zugkraft des Kabels zu überschreiten. Der Transport der schweren und voluminösen Kabelrollen zum oberen Anfangspunkt der Kabeltrasse wäre grundsätzlich technisch möglich....Flur- und Waldwege massiv verstärkt...was erhebliche Mehrkosten zur Folge hätte. Da vor Ort ein relativ coupiertes Gelände vorhanden ist, sind die geltend gemachten Transportschwierigkeiten im vorliegenden Fall sehr wohl ein Thema. Die Angaben der Beschwerdegegnerin sind zutreffend.“

Es soll hier nun „geflossentlich“ auf diese einfache Problemstellung eingegangen werden: mit etwas Willen zur Problemlösung ist es nicht nur „denkbar“, sondern ohne weiteres realisierbar, das Kabel am unteren Umschlagplatz abzuspulen und über einen langen Rollengang über die Wiese bis zum oberen Trassenpunkt zu ziehen und dort wieder aufzuspulen. Hierbei ist eine Gewichtskraft von etwa 2 t des auf den Rollen aufliegenden Kabels zuzüglich der Reibkräfte an den Rollenböcken, insgesamt jedenfalls eine unbedenkliche Gesamtkraft aufzubringen. Um die Zugkräfte weiter zu verringern, könnten sogar in der Mitte der Strecke zusätzlich motorisch angetriebene Rollenböcke eingesetzt werden. All dies entspricht dem (eigentlich selbstverständlichen) Stand der Technik. Der eigentliche Einziehvorgang in den Stollen oder in die Leerrohre geschieht dann vom oberen Trassenpunkt her, wozu nur geringe Zugkräfte benötigt werden. Am oberen Trassenpunkt ist eine Fundamentierung für die auf- und abwickelnde Kabelspule vorzusehen in einem Bereich, in dem ohnehin Fundamente für das Übergangsbauwerk erforderlich werden.

Es handelt sich hier um ein weiteres Beispiel, wie seitens AXPO erst über die Lieferlängen und anschließend dann über die Kabelverlegung Probleme aufgebaut und dann nicht konstruktiv, d.h. nicht mit dem Willen zur Problemlösung, angegangen werden.

5. Zur Frage der Bodenerwärmung

Es wurde in [Brakelmann2] ausführlich dargelegt, daß die Darstellungen in [AXPO 2] und [AXPO 3] zur Erwärmung des Bodens im Bereich der Kabeltrasse völlig überzogen, genauer gesagt: falsch sind. Es bleibt bei der Aussage, daß im zeitlichen Mittel Kabeloberflächentemperaturen von rd. 26°C, eine am oberen Rand des Betonblocks auftretende Temperatur von rd. 23°C und in 0,1 m Tiefe direkt oberhalb der Kabel eine höchste Temperatur von 15,8°C zu erwarten ist, die also nur 0,8°C oberhalb der ungestörten Umgebungstemperatur von 15°C liegt. Diese Bodentemperaturen sind viel zu niedrig, als daß man den Vorgang einer partiellen Bodenaustrocknung auch nur erwägen müßte. Eine Beeinflussung des Pflanzenwuchses aufgrund einer Erhöhung der Bodentemperaturen von weniger als 1°C, die zudem auf die Trassenbreite beschränkt ist, ist auszuschließen.

Diese Aussage wird erhärtet durch die inzwischen gemeinsam von den Europäischen Netzbetreibern ENTSOE und den Europäischen Kabelherstellern Europacable herausgegebene Studie [12], in der es auf der Basis europaweit gesammelter Erfahrungen zur Erwärmung von Höchstspannungs-Kabelanlagen heißt:

„During operation, the temperature of the cable will rise dependent on the current carried and the load factor....The impact of heat release on soil temperature is **strictly local and very limited**. It is **only under long term full load conditions** that soil directly over the trench **may heat up by approximately 2° Celsius** – in partial load operations this value is lower.“

Hinzu kommt, dass bei der Variante mit einem an seinen Enden belüfteten Kabelstollen die Bodenerwärmung völlig zu vernachlässigen ist, da die Verlustwärme über die natürliche Luftkonvektion an die Umgebungsluft abgeführt wird.

6. Übergangsbauwerke

Um die Übergangsbauwerke möglichst klein zu halten, wurden in [Brakelmann2] Optimierungsvorschläge gemacht, so beispielsweise zumindest die Endverschlüsse des 220-kV-Systems auf die Kabel-Endmasten zu bringen (wie dies von anderen Netzbetreibern auch schon realisiert wurde). Wenn aber beim Netzbetreiber nicht der Wille zur Optimierung besteht, macht eine weitere Diskussion hier wenig Sinn. Bei den in [AXPO 3] zitierten „für den Leitungsschutz zusätzlichen Meßwandler“ handelt es sich um Ringkern-Stromwandler, die über die Kabel gelegt werden und damit keinen wesentlichen Raum beanspruchen.

International werden zur Zeit unterschiedliche Möglichkeiten diskutiert, Übergangsbauwerke möglichst umweltfreundlich zu realisieren. Hierzu liegen inzwischen attraktive Varianten vor. Unter dem Aspekt [Ax1] soll dies an dieser Stelle jedoch nicht weiter diskutiert werden.

7. Auswirkungen der Stromwärmeverluste

Der Verfasser verzichtet hier auf eine ökologische Bewertung der bei der geplanten Freileitung zu erwartenden erhöhten Stromwärmeverluste.

Die Bewertung des Einflusses dieser erhöhten Verluste auf den Gesamtkostenvergleich, auch unter der in [AXPO 2] und [6] vorgeschlagenen Berücksichtigung künftiger Strompreiserhöhungen, ist allerdings wesentlich, vergl. [Brakelmann2].

8. Zur Verfügbarkeit der Kabelanlage

Auf S. 9 sagt AXPO den Kabelherstellern nach: *„...Diese verfügen nicht über eine jederzeit einsetzbare Pikettorganisation, und es werden selbst bei vorrätig sein eines Kabelersatzes einige Tage benötigt, bis nach Feststellung einer Störung mit der Reparatur begonnen werden kann.“*

In ihrem Angebot an AXPO [11] stellt die Kabelfirma nkt cables hingegen fest: *„Wir verfügen in Köln über eine eigene Montage- und Service-Abteilung. Daher ist eine kurze Reaktionszeit sichergestellt.“*

Weiter schreibt AXPO auf S. 9: *„Eine Reduzierung der Nichtverfügbarkeit kann durch die fixe Verlegung eines Reservekabels erzielt werden. Damit kann bei einem Defekt die Verbindung zwischen Freileitung und Kabel umgehängt werden, was innerhalb Tagen möglich ist. Allerdings muß das defekte Kabel zu einem späteren Zeitpunkt repariert werden. Dies bedeutet, daß die gesamte Leitung aus Sicherheitsgründen außer Betrieb genommen werden muß. Ein installiertes Reservekabel bedeutet zudem eine zusätzliche Investition.“*

Hier vergißt AXPO zu erwähnen, daß in [Brakelmann 2] bei der Auslegung der Kabelanlage und bei den Kostenberechnungen für alle Varianten bereits **eine komplette, fertig**

installierte Reservelänge berücksichtigt wird. Hiermit wurde der Anregung der ETH-Professoren Fröhlich und Glavitsch in [6] gefolgt, wodurch nach [6] dann aber auch eine hinreichende Verfügbarkeit der Kabelanlage sichergestellt ist (in [6]: „... $(n-1)$ muß innert eines halben oder wenigstens innert eines ganzen Tages wiederherstellbar sein.“ Und weiter „...Die Reparatur eines defekten Stranges kann dann geplant zu einem günstigen Zeitpunkt erfolgen. Es ist daher richtig, in der Kostenkalkulation einen solchen Strang einzuplanen.“).

Damit sollte Einigkeit darin bestehen, daß bei einer Auslegung der Kabelanlage nach [Brakelmann 2] eine hinreichende Verfügbarkeit und eine Gewährleistung der $(n-1)$ -Sicherheit für die Übertragung gegeben sind. Auch kann der Austausch der defekten Kabellänge gegen eine neue durchaus ohne ein längeres Abschalten des Systems vorgenommen werden.

Zur Ausfallhäufigkeit bei Höchstspannungs-VPE-Kabeln sollte man nicht auf (nicht vorhandene) AXPO-Erfahrungen zurückgreifen, sondern dem Vorschlag in [12] folgen, die in einem CIGRE-Report zusammengefaßten internationalen Erfahrungen zu berücksichtigen, vergl. [Brakelmann 2]. So kann nach [12] die mittlere Dauer bis zum Eintreten eines Fehlers bei einer **10 km** langen Kabelstrecke auf 33 Jahre geschätzt werden:

*“Taking into account the failure rates for EHV cables and accessories of the Cigre Technical brochure failure rates for a defined cable system can be estimated. Assuming a partial under-rounding of **10 km** with single cable lengths of 1000m and based on the failure rate of a single cable system 0.0307 failures per year, the time between failures can be estimated at 33 years...”*

Werden äußere mechanische Einwirkungen (z.B. Bagger, Erdbohrer) ausgeschlossen, zum Beispiel durch die Tunnelvariante, so halbieren sich diese Ausfallzahlen.

9. Zu den Kosten der Tunnelvariante [AXPO 3]

Auf S. 11 schreibt AXPO: „Um die Verhältnismäßigkeit der von den Beschwerdeführern eingeholten Tunnelofferte (neuentwickelter Infrastrukturkanal der Firma Dupré in Speyer) zu verifizieren, hat die Beschwerdegegnerin drei renommierte Bauunternehmen um ein Angebot für einen vergleichbaren Tunnel angefragt. Die günstigste Offerte ist mit 2.3 Mio. fast doppelt so teuer ausgefallen wie das deutsche Angebot (CH 1.25 Mio.). Auf der Homepage der Firma Dupré wird als einzige Referenz lediglich ein relativ kurzer Tunnel im flachen Rheinpark der Gemeinde Speyer angegeben. Aufgrund der auf der Homepage erhältlichen Informationen muß stark bezweifelt werden, daß diese Firma in der Lage ist, ein technisch vergleichbares, den schweizerischen Vorschriften und Normen entsprechendes Angebot für das Vorhaben in Riniken abzugeben.“

AXPO hat seine Recherche leider nur auf das Internet beschränkt. Folgendes gilt:

Die Baufirma Dupré in Speyer besteht seit 1924. Die neuartige Tunnelbauweise (vergl. [Brakelmann 2]) wurde mit dem Innovationspreis des Landes Baden-Württemberg ausgezeichnet und ist auch in der Schweiz patentiert. Wegen des Neuigkeitsgrades wurde tatsächlich erst ein solcher Tunnel realisiert, der allerdings allen statischen und sonstigen Anforderungen der deutschen Baugesetze entspricht. Man konnte erwarten, daß Tunnel vergleichbarer Abmessungen von Schweizer Bauunternehmen (ebenso wie von anderen deutschen Bauunternehmen) fast doppelt so teuer angeboten werden. Dies liegt nicht an einer unterschiedlichen Kosten- oder Normen-Situation Schweiz/Deutschland, sondern ist in den Vorteilen, in der Konstruktion und im Herstellungsverfahren dieses neuartigen

Infrastrukturkanals begründet. Als Vizepräsident des Zentralverbandes des deutschen Baugewerbes und als vormaliger Vizepräsident des Zentralverbandes des Europäischen Baugewerbes sollte der Firmeninhaber, Herr Dupré, in der Lage sein, sein konkret für die Gemeinde Riniken abgegebenes Angebot vom Dezember 2009 realistisch zu beurteilen und auch sachgerecht zu realisieren. Falls AXPO hieran Zweifel hat, könnte das Projekt beispielsweise durch eine Gewährleistungsversicherung (etwa 2,5 % höhere Gesamtkosten) oder auch durch eine Vertragserfüllungs-Versicherung weiter abgesichert werden.

10. Zu den Kabelkosten [AXPO 3]:

Vergleicht man das von AXPO neu eingeholte Angebot (Variante 1 und 4) mit demjenigen in [Brakelmann 2], so stellt man – trotz inzwischen geänderten Wechselkurses und trotz eines geringen Längenunterschieds der beiden Angebotstrassen (1000 m bei AXPO statt 950 m) fast völlige Übereinstimmung fest:

Angebot nkt cables vom 29.12.2009 in [Brakelmann 2]:

2 Systeme à **950 m** Länge, 2500 mm² Cu-Leiter:

Hohlpreis (ohne Cu) für Kabel, Garnituren und Montage: **1.973.000,- €**

Angebot nkt cables vom 29.10.2010 an AXPO:

2 Systeme à **1000 m** Länge 2500 mm² Cu-Leiter:

Hohlpreis (ohne Cu) für Kabel, Garnituren und Montage: **1.997.600,- €**

Damit werden die Kostenansätze in [Brakelmann 2] für Kabelanlage und Tunnel vollständig bestätigt. Die AXPO-Kosten und Kostenfaktoren liegen damit sowohl für die Tunnellösung wie auch für die direkte Erdverlegung aus den obenstehenden Gründen nach wie vor spürbar zu hoch. Vergleiche mit anderen Kabelanlagen treffen insofern nicht zu, als daß bei der kurzen Kabellänge von 950 m keine Verbindungsmuffen benötigt werden, - ein entscheidender Punkt in der Kostenberechnung. Hinzu kommt, daß auch in anderen Studien zur Höchstspannungsübertragung teilweise niedrige Gesamtkostenfaktoren resultieren, so z.B. in der Oswald-Studie zur niedersächsischen 380-kV-Verbindung Ganderkesee-St. Hülfe mit einem Vollkostenfaktor von rd. 2.

11. Zum Stand der Technik

In [AXPO 3]: heißt es: „*In einer zweiten Studie (Januar 2010) hat Herr Brakelmann einige Lösungsansätze, welche nicht dem Stand der Technik entsprachen, verworfen (Brakelmann2). Er hat zum Teil Angaben der AXPO AG übernommen und die beiden Kabelvarianten aktualisiert.*“

Dies stimmt so nicht. Die beiden wesentlichen Lösungsvorschläge: Kabel mit größerem Leiterdurchmesser sowie hochwärmeleitfähiger Spezialbeton für die Grabenrückfüllung, sind am Markt erhältlich. Der Verfasser hat diese Varianten herausgenommen, um die wegen [Ax1] schwierige Diskussion zu erleichtern. Der Spezialbeton beispielsweise wird von der Firma HeidelbergCement am Markt angeboten, - mit Zertifizierung und Garantie. Seine Berücksichtigung böte die Möglichkeit, einen schmaleren Kabelgraben oder aber Kabel mit verringertem Leiterquerschnitt zu realisieren.