

Geplanter Neubau der 380-kV-Hochspannungsfreileitung Osterath - Gohrpunkt, Bl. 4206 und der 110-/380-kV-Hochspannungsfreileitung Gohrpunkt – Rommerskirchen, Bl. 4207

Präsentation für den Rhein-Kreis-Neuss am 10.07.2012
in Grevenbroich



Der Planungsbereich

ca. 30 km Trassenlänge

~ 1,0 km: Meerbusch

~ 4,4 km: Kaarst

~ 9,4 km: Neuss

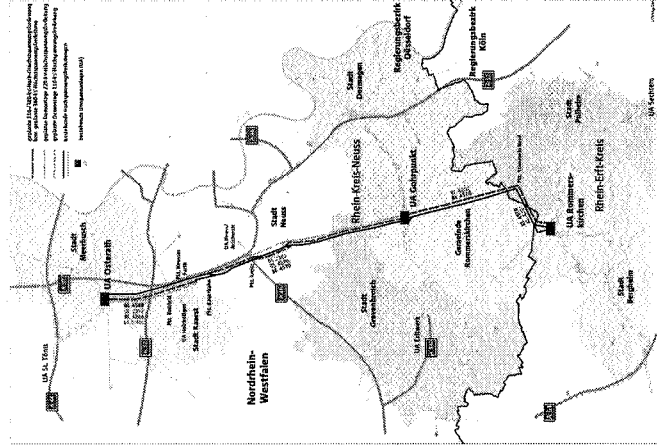
~ 2,4 km: Grevenbroich

~ 3,0 km: Dormagen

~ 7,1 km: Rommerskirchen

~ 2,1 km: Pulheim

~ 0,8 km: Bergheim



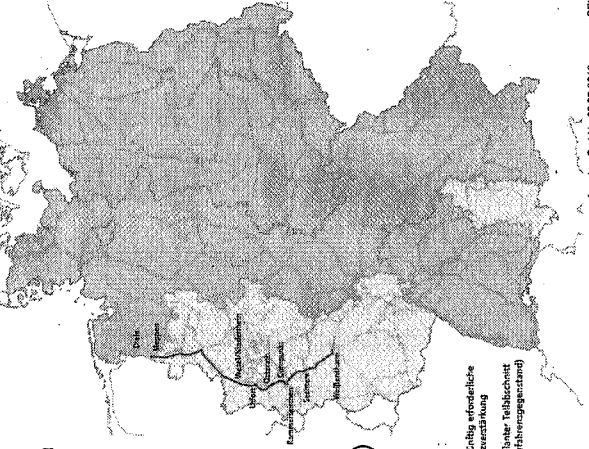
Amprion GmbH 09.07.2012

SEITE 3

Hintergrund des geplanten Vorhabens

- » Stärkung des Transportnetzes in Nord-Süd Richtung.
- > Integration der Windenergie
- > Anpassung an geänderte Lastflüsse durch neuen Kraftwerkspark
- > Umsetzung gesetzlicher Vorgaben (Bedarfsplan des Energieleitungsausbaugesetzes)
- > Modernisierung des Netzes

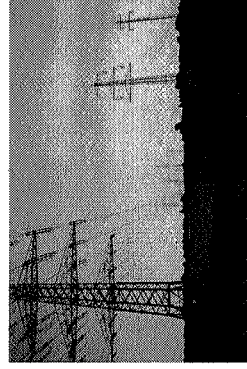
Legende:
——— tatsächlich erforderliche
Netzumbauung
——— geplante Teilbaustrecke
(Verfahrensgangstand)



Amprion GmbH 09.07.2012

SEITE 2

Der Ist-Zustand



Bestand:

seit 1917: rd. 6 km 110-kV-Hochspannungsfreileitung
rd. 30 Masten (kürzlich demontiert)

seit 1926: rd. 20 km 220-kV-Hochspannungsfreileitung,
über 80 Masten (werden demontiert)

seit 1971: rd. 30 km 380-kV-Hochspannungsfreileitung,
ca. 80 Masten (bleibt erhalten)

Trasse:

Im unmittelbaren Umfeld des seit 1917 bestehenden Leitungsbandes haben sich sowohl gewerbliche und private Siedlungsbereiche als auch linienförmige Infrastruktureinrichtungen weiterentwickeln können.



Amprion GmbH 09.07.2012

SEITE 4

Das geplante Vorhaben

Neubau:

~ 30 km 380-kV-Hochspannungsfreileitung

~ 80 Masten

Rückbau:

~ 26 km 220- und 110-kV-Hochspannungsfreileitung

über 110 Masten



Amprion GmbH 09.07.2012

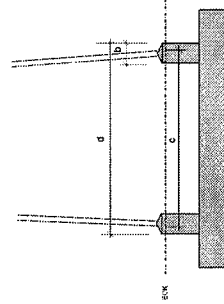
SEITE 5

Planung im Rhein-Kreis-Neuss

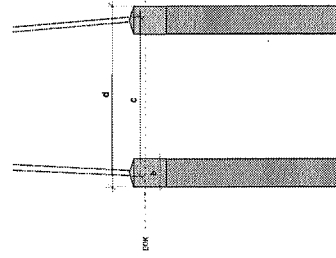
> Fundamente

etwa alle 400m Betonplatte von typ. 12m x 12m Kantenlänge

Plattenfundament:



Bohrpfahlfundament:



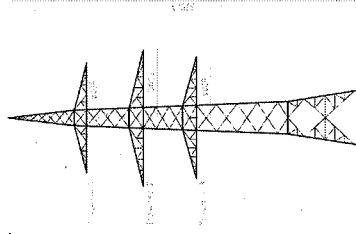
Amprion GmbH 09.07.2012

SEITE 7

Planung im Rhein-Kreis-Neuss

> Masthöhen

Planung: ca. 50m – 75m (380kV-Bestand: ca. 70m – 85m)



Amprion GmbH 09.07.2012

SEITE 6

Planung im Rhein-Kreis-Neuss

> Trasse:

Weitgehende Nutzung der bestehenden 220-kV-Trasse (von 1926)

Leitungsabstände zur Bebauung in Kaarst, Neuss-Reuschenberg, sowie Lohhof und Hofstelle Lübisrath vergrößert.

rd. 15m Raum Kaarst, Kampwebersheide
(gegenüber der bisherigen 110kV-Leitung)

rd. 140m Bereich Neuss-Reuschenberg*

rd. 75m Bereich Lohhof*

rd. 70m Bereich Hofstelle Lübisrath*

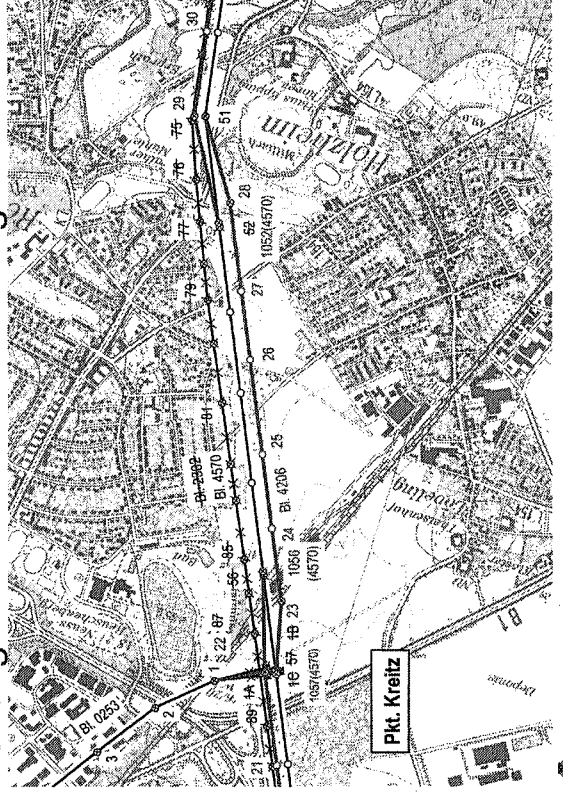
* gegenüber der rückzubauenden 220kV-Leitung



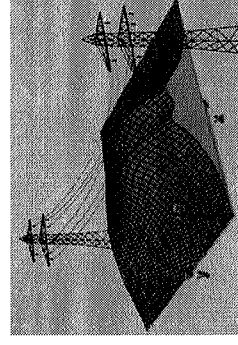
Amprion GmbH 09.07.2012

SEITE 8

Planung in Neuss-Reuschenberg



Planung im Rhein-Kreis-Neuss



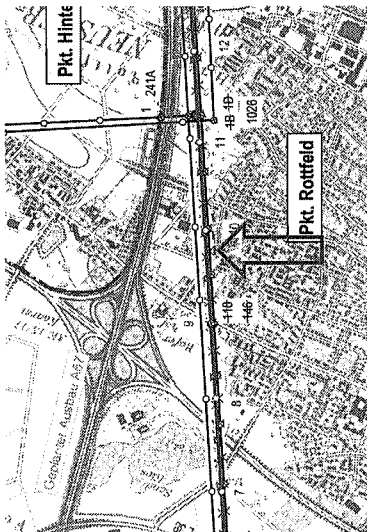
Grenzwerte:	<u>elektr.-Feld</u>	<u>mag. Feld</u>
	5,0 kV/m	100 µT
Planung:	max.4,7 kV/m	max. 30 µT

Die Grenzwerte der 26. BImSchV werden nicht ausgeschöpft!

Planung im Rhein-Kreis-Neuss

- > Immissionswerte (Kaarst, Kampwebersheide)

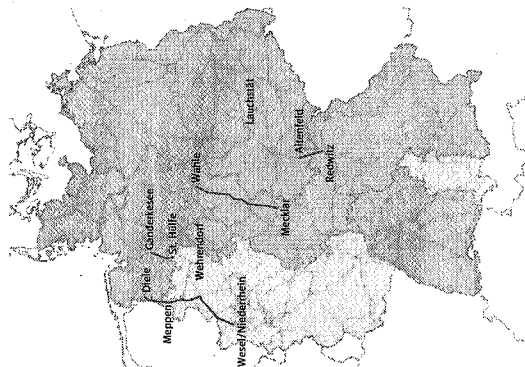
Grenzwerte:	5,00 kV/m	100,0 μ T
Bisher:	0,25 kV/m	3,9 μ T
Planung:	0,15 kV/m	9,2 μ T



Warum Freileitung statt Kabel ?

Aktuelle Situation durch das Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG)

- > Der Gesetzgeber hat mit dem EnLAG vier Pilotstrecken vorgesehen, mit denen die Erprobung der Kabeltechnologie ermöglicht werden soll. Ungeachtet der wirtschaftlichen Nachteile ist hierbei ein Umlegung der Mehrkosten über die Netznutzungsentgelte vorgesehen.
- > Das EnLAG sieht folgende Pilotprojekte vor:
 - Wuhle (Nieders.)-Mecklar (Hessen)
 - Ganderkesee (Nieders.) - St. Hülfe (Nieders.)
 - Diele (Niedersachsen) - Niederrhein (NRW)
 - Altenfeld (Thüringen) - Redwitz (Bayern).

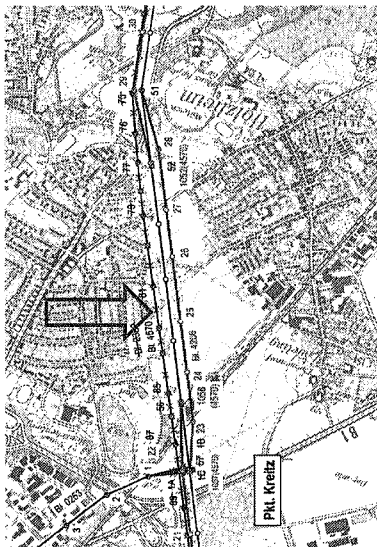


- > Die Strecke Osterath-Gohrpunkt-Rommerskirchen ist im Bedarfplan des EnLAG enthalten, zählt aber nicht zu den Pilotprojekten

Planung im Rhein-Kreis-Neuss

- > Immissionswerte (Neuss-Reuschenberg)

Grenzwerte:	5,00 kV/m	100,0 μ T
Bisher:	4,81 kV/m	21,5 μ T
Planung:	0,18 kV/m	1,6 μ T



Warum Freileitung statt Kabel ?

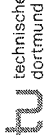
- > Erheblicher Eingriff in den Boden und zusätzlicher Platzbedarf für die Kabelübergangsstationen.
- > Erdverkabelung findet nicht die Zustimmung aller direkt betroffenen Grundstückseigentümer
- > Ohne Zustimmung der Betroffenen, außerhalb der Pilotstrecken rechtlich nicht genehmigungsfähig
- > Durch die bestehende Bebauung und fremde Versorgungsleitungen ist eine Erdverkabelung in weiten Bereichen nicht möglich. Weiterhin vermindern Wasserschutzgebiete und naturschutzfachliche Belange eine durchgängige Erdverkabelung.
- > Zahlreiche technische und wirtschaftliche Nachteile
 - Im Fehlerfall, sehr lange Instandsetzungszeiten
 - Mehrkostenfaktor: 7-fach

Fazit: Eine Erdverkabelung ist hier nicht realisierbar.

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

Noch Fragen ?





technische universität
dortmund



hochspannungstechnik

Hochspannungs- Übertragungstechnik

Überblick zu Wechsel- und Gleichspannungstechnologie

Prof. Dr.-Ing. Frank Jenau

Technische Universität Dortmund
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Lehrstuhl für Hochspannungstechnik



© TU Dortmund, 10.07.2012, Planungs- und Umweltausschuss des Rhein-Kreises Neuss

1



technische universität
dortmund



hochspannungstechnik

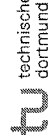
Inhalt

- **Einleitung**
 - Energiewende
 - Netzausbau:
 - Strategie und gesetzliche Grundlagen
 - NEP 2012
- **Hintergründe**
 - Elektrisches Feld und Spannung
 - Elektrischer Strom und Impedanzen
 - Magnetische Feld
 - **Natürliche und bekannte Felder**
 - Schwerefeldstärke
 - Blitz / Gewitter
 - Erdmagnetfeld
 - Felder im Alltag
- **Grenzwerte**
- **Übertragungsleitung**
 - Motivation Hochspannung
 - AC-Übertragungssystem
 - DC-Übertragungssystem
 - Vergleich
 - **Betriebsmittel**
 - Erdkabel
 - Freileitung
 - **Feldrechnungen**
 - AC-Freileitung und AC-Kabel
 - DC-Kabel
 - **HGÜ-Technologien**
 - Ultrahochspannung
 - DC-AC-Hybridleitung
 - Versuche Datteln
 - **Kosten**



© TU Dortmund, 10.07.2012, Planungs- und Umweltausschuss des Rhein-Kreises Neuss

2

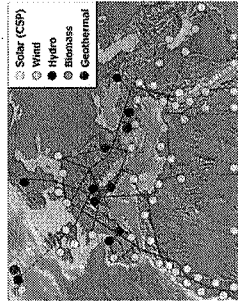


technische universität
dortmund

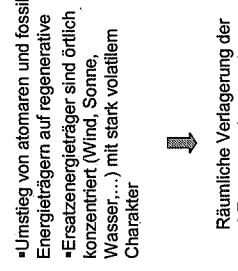


hochspannungstechnik

Energiewende



➔



▪ Umstieg von atomaren und fossilen Energieträgern auf regenerative

▪ Ersatzenergieträger sind örtlich konzentriert (Wind, Sonne, Wasser,...) mit stark volatilen Charakter

Räumliche Verlagerung der Erzeugerswerpunkte

<< Energiewende nur mit Netzausbau realisierbar >>



© TU Dortmund, 10.07.2012, Planungs- und Umweltausschuss des Rhein-Kreises Neuss

3



technische universität
dortmund



hochspannungstechnik

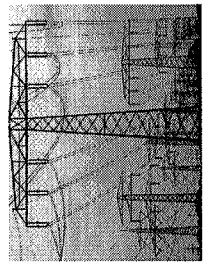
Netzausbau

Transportaufgabe:

Übertragung über weite Entfernungen (größer 500 km) notwendig

Rahmenbedingungen:

- Versorgungssicherheit
- Netzentwicklung (Dezentralität, Vielfalt mit volatilen Charakter)
- Wirtschaftlichkeit (Investitionen, Netzbetrieb,...)
- Netzstabilität (dynamisch, quasi-statisch)
- Akzeptanz, Umwelt, ...



Energetisch: Ziele BRD (Auszug)

- 2020: 35 % des Stroms aus em. Energien
- 2022: 100% Atomkraftwerke abgeschaltet
- 2050: 80 % der in Industrie und in den deutschen Haushalten gebrauchten Energie aus regenerativen Energiequellen

<< Ausbauforderung im Zielgrößenkonflikt >>



© TU Dortmund, 10.07.2012, Planungs- und Umweltausschuss des Rhein-Kreises Neuss

4

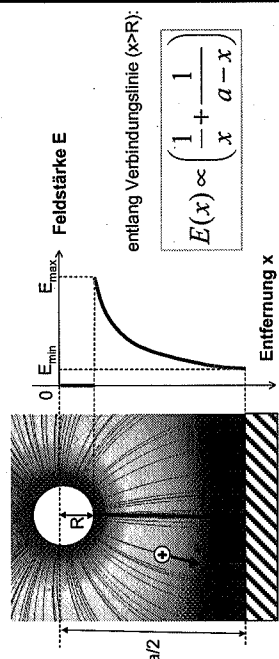
Ausbaustrategie – gesetzliche Grundlagen

- **Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG)**, 21. August 2009 (BGBl., S. 2870)
→ 24 Vorhaben mit „vordringlichem Bedarf“
- **Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG)**, 28. Juli 2011 (BGBl., S. 1690)
- **Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)**, in der Änderung vom 16. Januar 2012 (BGBl., S. 74)
- **Netzentwicklungsplan 2012** (50Hertz, Amprion, Tennet, TransnetBW)



Elektrische Feldstärke im Raum

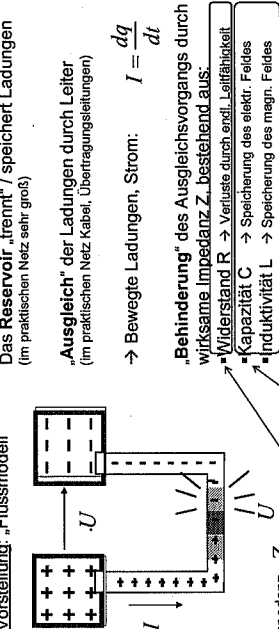
Bspl. „Linienleiter über Erde“



<< E hängt von Geometrie ab (und von der Systemspannung),
Schirmung möglich >>

Elektrischer Strom und Impedanz

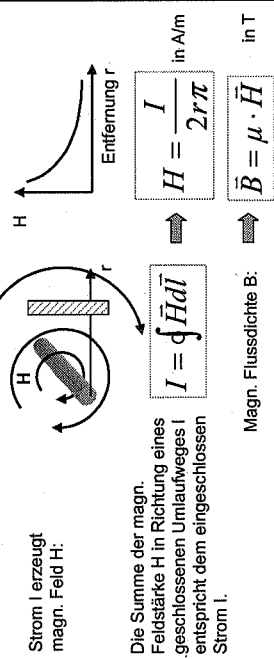
Vorstellung: „Flussmodell“



<< Alle Wirk- und Blindelemente im Netz berücksichtigen! >>

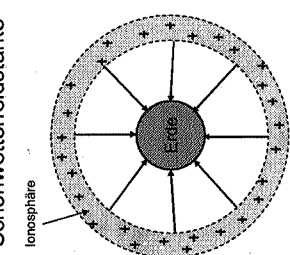
Magnetisches Feld H und Flussdichte B

(stationäres Magnetfeld)



<< Magn. Feld H nimmt mit der Entfernung r ab,
Schirmung nahezu wirkungslos >>

Schönwetterfeldstärke



<< Natürliches E-Feld für den Menschen
nicht spürbar wg. Leitfähigkeit >>

Blitze / Gewitter



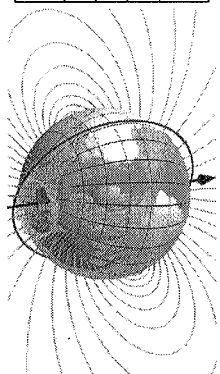
26. BlmSch (50Hz.. 16,6 Hz)
E = 5 ... 10 kV/m

Gewitterfeldstärke:
 $E = 1 \dots 10 \text{ kV/m}$

<< Natürliches Gewitterfeld in der Größenordnung
der 26. BlmSch (für Wechselfelder) >>

Erdmagnetfeld

- Das Erdmagnetfeld ist ein Gleichfeld
- Wirkung an Erdoberfläche wie magnetischer Dipol
- Magnetischer Nordpol nahe dem geografischen Südpol

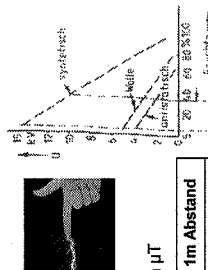


**<< Natürliches Erdmagnetfeld etwa 5 x geringer
als 26. BlmSch (für Wechselfelder) >>**

Feldstärken im Alltag

Statische Aufladung – elektrische Felder

- Aufladung durch Reibung bis 15kV typ.
- Entladung gegenüber geerdeter Objekte (Auto, Geländer, ...)

Emission Haushaltsgeräte – magn. Felder in μT

Gerät	3cm Abstand	30cm Abstand	1m Abstand
Hearfön	6 - 2.000	0,1 - 7	0,01 - 0,3
Elektrolasierer	15 - 15.000	0,08 - 9	0,01 - 0,3
Staubsauger	200 - 800	2 - 20	0,1 - 2
Fernseher	2,5 - 50	0,04 - 2	0,01 - 0,15

**<< Im Alltag sind hohe Feldstärken bekannt,
Dauer i.a. zeitlich beschränkt >>**

Grenzwerte

Anwendung	Frequenz	26 Bin Sch (D) (1)	NISV (C4) (2)	NISV (CH) (Neutria Immulation) (3)	RGV B11 (Exposition) (2) (5)	DIN VDE-Vornorm 0848-4/A3	EL-Empfindung (1990/19/EC) (Referenzwerte)
Bahn	16,6-Hz	300 μ T / 10kV/m	300 μ T / 10kV/m	1 μ T / ...	1273 μ T / 20 kV/m	-	300 μ T / 10 kV/m
AC-Netz	50Hz	100 μ T / 5kV/m	100 μ T / 5kV/m	1 μ T / ...	425 μ T / 6,67 kV / m	-	100 μ T / 5 kV/m
HGU	DC	-	-	-	21.220 μ T / 20 kV/m	21.200 μ T / 20 kV/m	40.000 μ T / -

zusammengefasst:

- (1) Die Grenzwerte in Deutschland gemäß 28. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (28. BImSchV), die für die elektromagnetische Felder (EMF) festgelegt sind, berücksichtigen die elektromagnetische Felder aus allen Quellen.
- (2) Die Grenzwerte für die elektromagnetischen Felder (EMF) sind in der 28. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (28. BImSchV) festgelegt.
- (3) Die Grenzwerte für die elektromagnetischen Felder (EMF) sind in der 28. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (28. BImSchV) festgelegt.
- (4) Die Grenzwerte für die elektromagnetischen Felder (EMF) sind in der 28. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (28. BImSchV) festgelegt.

tu technische universität dortmund

hst hochspannungstechnik

(stationärer AC-Betrieb)
(pi-Ersatzschaltbild Leitung)

Übertragungsleitung - Netzwerkmodell

Quelle I U I_1 I_2 I_3 I_4 I_5 I_6 I_7 I_8 I_9 I_{10} I_{11} I_{12} I_{13} I_{14} I_{15} I_{16} I_{17} I_{18} I_{19} I_{20} I_{21} I_{22} I_{23} I_{24} I_{25} I_{26} I_{27} I_{28} I_{29} I_{30} I_{31} I_{32} I_{33} I_{34} I_{35} I_{36} I_{37} I_{38} I_{39} I_{40} I_{41} I_{42} I_{43} I_{44} I_{45} I_{46} I_{47} I_{48} I_{49} I_{50} I_{51} I_{52} I_{53} I_{54} I_{55} I_{56} I_{57} I_{58} I_{59} I_{60} I_{61} I_{62} I_{63} I_{64} I_{65} I_{66} I_{67} I_{68} I_{69} I_{70} I_{71} I_{72} I_{73} I_{74} I_{75} I_{76} I_{77} I_{78} I_{79} I_{80} I_{81} I_{82} I_{83} I_{84} I_{85} I_{86} I_{87} I_{88} I_{89} I_{90} I_{91} I_{92} I_{93} I_{94} I_{95} I_{96} I_{97} I_{98} I_{99} I_{100} U I_1 I_2 I_3 I_4 I_5 I_6 I_7 I_8 I_9 I_{10} I_{11} I_{12} I_{13} I_{14} I_{15} I_{16} I_{17} I_{18} I_{19} I_{20} I_{21} I_{22} I_{23} I_{24} I_{25} I_{26} I_{27} I_{28} I_{29} I_{30} I_{31} I_{32} I_{33} I_{34} I_{35} I_{36} I_{37} I_{38} I_{39} I_{40} I_{41} I_{42} I_{43} I_{44} I_{45} I_{46} I_{47} I_{48} I_{49} I_{50} I_{51} I_{52} I_{53} I_{54} I_{55} I_{56} I_{57} I_{58} I_{59} I_{60} I_{61} I_{62} I_{63} I_{64} I_{65} I_{66} I_{67} I_{68} I_{69} I_{70} I_{71} I_{72} I_{73} I_{74} I_{75} I_{76} I_{77} I_{78} I_{79} I_{80} I_{81} I_{82} I_{83} I_{84} I_{85} I_{86} I_{87} I_{88} I_{89} I_{90} I_{91} I_{92} I_{93} I_{94} I_{95} I_{96} I_{97} I_{98} I_{99} I_{100}

Verbr. I_{101} I_{102} I_{103} I_{104} I_{105} I_{106} I_{107} I_{108} I_{109} I_{110} I_{111} I_{112} I_{113} I_{114} I_{115} I_{116} I_{117} I_{118} I_{119} I_{120} I_{121} I_{122} I_{123} I_{124} I_{125} I_{126} I_{127} I_{128} I_{129} I_{130} I_{131} I_{132} I_{133} I_{134} I_{135} I_{136} I_{137} I_{138} I_{139} I_{140} I_{141} I_{142} I_{143} I_{144} I_{145} I_{146} I_{147} I_{148} I_{149} I_{150} I_{151} I_{152} I_{153} I_{154} I_{155} I_{156} I_{157} I_{158} I_{159} I_{160} I_{161} I_{162} I_{163} I_{164} I_{165} I_{166} I_{167} I_{168} I_{169} I_{170} I_{171} I_{172} I_{173} I_{174} I_{175} I_{176} I_{177} I_{178} I_{179} I_{180} I_{181} I_{182} I_{183} I_{184} I_{185} I_{186} I_{187} I_{188} I_{189} I_{190} I_{191} I_{192} I_{193} I_{194} I_{195} I_{196} I_{197} I_{198} I_{199} I_{200}

Induktivität L
→ Speicherung magn. Energie
 $W_L = \frac{1}{2} L \cdot I^2$

R (energetische Verluste)
 $W_R = R \cdot I^2 \cdot t$

Kapazität C
→ elektr. Speicherung
 $W_C = \frac{1}{2} C \cdot U^2$

<< (Blind)-Ströme zum Aufbau der Felder belasten Leitung und Netz >>

tu technische universität dortmund

hst hochspannungstechnik

(vereinfachte Betrachtung)

Motivation Hochspannung (1/2)

Generator I U_1 I U_2 I U_3 I U_4 I U_5 I U_6 I U_7 I U_8 I U_9 I U_{10} I U_{11} I U_{12} I U_{13} I U_{14} I U_{15} I U_{16} I U_{17} I U_{18} I U_{19} I U_{20} I U_{21} I U_{22} I U_{23} I U_{24} I U_{25} I U_{26} I U_{27} I U_{28} I U_{29} I U_{30} I U_{31} I U_{32} I U_{33} I U_{34} I U_{35} I U_{36} I U_{37} I U_{38} I U_{39} I U_{40} I U_{41} I U_{42} I U_{43} I U_{44} I U_{45} I U_{46} I U_{47} I U_{48} I U_{49} I U_{50} I U_{51} I U_{52} I U_{53} I U_{54} I U_{55} I U_{56} I U_{57} I U_{58} I U_{59} I U_{60} I U_{61} I U_{62} I U_{63} I U_{64} I U_{65} I U_{66} I U_{67} I U_{68} I U_{69} I U_{70} I U_{71} I U_{72} I U_{73} I U_{74} I U_{75} I U_{76} I U_{77} I U_{78} I U_{79} I U_{80} I U_{81} I U_{82} I U_{83} I U_{84} I U_{85} I U_{86} I U_{87} I U_{88} I U_{89} I U_{90} I U_{91} I U_{92} I U_{93} I U_{94} I U_{95} I U_{96} I U_{97} I U_{98} I U_{99} I U_{100}

Freileitung I U_1 I U_2 I U_3 I U_4 I U_5 I U_6 I U_7 I U_8 I U_9 I U_{10} I U_{11} I U_{12} I U_{13} I U_{14} I U_{15} I U_{16} I U_{17} I U_{18} I U_{19} I U_{20} I U_{21} I U_{22} I U_{23} I U_{24} I U_{25} I U_{26} I U_{27} I U_{28} I U_{29} I U_{30} I U_{31} I U_{32} I U_{33} I U_{34} I U_{35} I U_{36} I U_{37} I U_{38} I U_{39} I U_{40} I U_{41} I U_{42} I U_{43} I U_{44} I U_{45} I U_{46} I U_{47} I U_{48} I U_{49} I U_{50} I U_{51} I U_{52} I U_{53} I U_{54} I U_{55} I U_{56} I U_{57} I U_{58} I U_{59} I U_{60} I U_{61} I U_{62} I U_{63} I U_{64} I U_{65} I U_{66} I U_{67} I U_{68} I U_{69} I U_{70} I U_{71} I U_{72} I U_{73} I U_{74} I U_{75} I U_{76} I U_{77} I U_{78} I U_{79} I U_{80} I U_{81} I U_{82} I U_{83} I U_{84} I U_{85} I U_{86} I U_{87} I U_{88} I U_{89} I U_{90} I U_{91} I U_{92} I U_{93} I U_{94} I U_{95} I U_{96} I U_{97} I U_{98} I U_{99} I U_{100}

Verbraucher I U_1 I U_2 I U_3 I U_4 I U_5 I U_6 I U_7 I U_8 I U_9 I U_{10} I U_{11} I U_{12} I U_{13} I U_{14} I U_{15} I U_{16} I U_{17} I U_{18} I U_{19} I U_{20} I U_{21} I U_{22} I U_{23} I U_{24} I U_{25} I U_{26} I U_{27} I U_{28} I U_{29} I U_{30} I U_{31} I U_{32} I U_{33} I U_{34} I U_{35} I U_{36} I U_{37} I U_{38} I U_{39} I U_{40} I U_{41} I U_{42} I U_{43} I U_{44} I U_{45} I U_{46} I U_{47} I U_{48} I U_{49} I U_{50} I U_{51} I U_{52} I U_{53} I U_{54} I U_{55} I U_{56} I U_{57} I U_{58} I U_{59} I U_{60} I U_{61} I U_{62} I U_{63} I U_{64} I U_{65} I U_{66} I U_{67} I U_{68} I U_{69} I U_{70} I U_{71} I U_{72} I U_{73} I U_{74} I U_{75} I U_{76} I U_{77} I U_{78} I U_{79} I U_{80} I U_{81} I U_{82} I U_{83} I U_{84} I U_{85} I U_{86} I U_{87} I U_{88} I U_{89} I U_{90} I U_{91} I U_{92} I U_{93} I U_{94} I U_{95} I U_{96} I U_{97} I U_{98} I U_{99} I U_{100}

Ohmsche Verluste $P_V = R \cdot I^2$

Die (Schein-) Leistung ist das Produkt aus Strom I und Spannung U

Ohm'scher Verlust P_V einer stromdurchflossenen Leitung ist proportional zum Quadrat des Stroms!

$P_1 = U_1 \cdot I$

$P_3 = U_3 \cdot I = P_1 - P_V$

<< Verlustleistung auf der Leitung kann durch Verringerung von des Stroms minimiert werden >>

tu technische universität dortmund

hst hochspannungstechnik

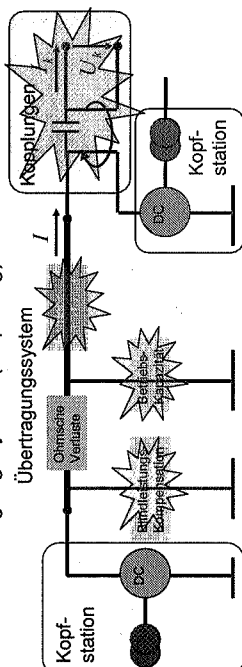
(stationärer AC-Betrieb)
(pi-Ersatzschaltbild Leitung)

Motivation Hochspannung (2/2)

Transformator 1 I_1 U_1 I_2 U_2 I_3 U_3 I_4 U_4 I_5 U_5 I_6 U_6 I_7 U_7 I_8 U_8 I_9 U_9 I_{10} U_{10} I_{11} U_{11} I_{12} U_{12} I_{13} U_{13} I_{14} U_{14} I_{15} U_{15} I_{16} U_{16} I_{17} U_{17} I_{18} U_{18} I_{19} U_{19} I_{20} U_{20} I_{21} U_{21} I_{22} U_{22} I_{23} U_{23} I_{24} U_{24} I_{25} U_{25} I_{26} U_{26} I_{27} U_{27} I_{28} U_{28} I_{29} U_{29} I_{30} U_{30} I_{31} U_{31} I_{32} U_{32} I_{33} U_{33} I_{34} U_{34} I_{35} U_{35} I_{36} U_{36} I_{37} U_{37} I_{38} U_{38} I_{39} U_{39} I_{40} U_{40} I_{41} U_{41} I_{42} U_{42} I_{43} U_{43} I_{44} U_{44} I_{45} U_{45} I_{46} U_{46} I_{47} U_{47} I_{48} U_{48} I_{49} U_{49} I_{50} U_{50} I_{51} U_{51} I_{52} U_{52} I_{53} U_{53} I_{54} U_{54} I_{55} U_{55} I_{56} U_{56} I_{57} U_{57} I_{58} U_{58} I_{59} U_{59} I_{60} U_{60} I_{61} U_{61} I_{62} U_{62} I_{63} U_{63} I_{64} U_{64} I_{65} U_{65} I_{66} U_{66} I_{67} U_{67} I_{68} U_{68} I_{69} U_{69} I_{70} U_{70} I_{71} U_{71} I_{72} U_{72} I_{73} U_{73} I_{74} U_{74} I_{75} U_{75} I_{76} U_{76} I_{77} U_{77} I_{78} U_{78} I_{79} U_{79} I_{80} U_{80} I_{81} U_{81} I_{82} U_{82} I_{83} U_{83} I_{84} U_{84} I_{85} U_{85} I_{86} U_{86} I_{87} U_{87} I_{88} U_{88} I_{89} U_{89} I_{90} U_{90} I_{91} U_{91} I_{92} U_{92} I_{93} U_{93} I_{94} U_{94} I_{95} U_{95} I_{96} U_{96} I_{97} U_{97} I_{98} U_{98} I_{99} U_{99} I_{100} U I_1 I_2 I_3 I_4 I_5 I_6 I_7 I_8 I_9 I_{10} I_{11} I_{12} I_{13} I_{14} I_{15} I_{16} I_{17} I_{18} I_{19} I_{20} I_{21} I_{22} I_{23} I_{24} I_{25} I_{26} I_{27} I_{28} I_{29} I_{30} I_{31} I_{32} I_{33} I_{34} I_{35} I_{36} I_{37} I_{38} I_{39} I_{40} I_{41} I_{42} I_{43} I_{44} I_{45} I_{46} I_{47} I_{48} I_{49} I_{50} I_{51} I_{52} I_{53} I_{54} I_{55} I_{56} I_{57} I_{58} I_{59} I_{60} I_{61} I_{62} I_{63} I_{64} I_{65} I_{66} I_{67} I_{68} I_{69} I_{70} I_{71} I_{72} I_{73} I_{74} I_{75} I_{76} I_{77} I_{78} I_{79} I_{80} I_{81} I_{82} I_{83} I_{84} I_{85} I_{86} I_{87} I_{88} I_{89} I_{90} I_{91} I_{92} I_{93} I_{94} I_{95} I_{96} I_{97} I_{98} I_{99} I_{100}

Transformator 2 I_1 U_1 I_2 U_2 I_3 U_3 I_4 U_4 I_5 U_5 I_6 U_6 I_7 U_7 I_8 U_8 I_9 U_9 I_{10} U_{10} I_{11} U_{11} I_{12} U_{12} I_{13} U_{13} I_{14} U_{14} I_{15} U_{15} I_{16} U_{16} I_{17} U_{17} I_{18} U_{18} I_{19} U_{19} I_{20} U_{20} I_{21} U_{21} I_{22} U_{22} I_{23} U_{23} I_{24} U_{24} I_{25} U_{25} I_{26} U_{26} I_{27} U_{27} I_{28} U_{28} I_{29} U_{29} I_{30} U_{30} I_{31} U_{31} I_{32} U_{32} I_{33} U_{33} I_{34} U

DC-Übertragungssystem (einphasig)



- Wirkleistung $\rightarrow$ regelbar
- Blindleistung $\rightarrow$ regelbar
- Kopplungen induktiv und kapazitiv nicht wirksam

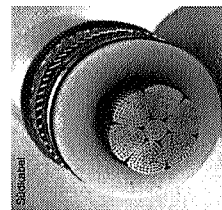
<< Regelbarkeit für Netzbetriebsführung vorteilhaft >>
<< Verlustvorteile bei großen Entfernungen (>500km) >>

Gleichspannung vs. Wechselspannung

	AC	DC
Verluste	0	+
Transformierbarkeit	++	-
Leiterausnutzung	+	+
Blindleistung	-	++
Kurzschlussverhalten	-	++
Vermaschung	++	-
Trassenbreite	+	++
Trassenanlagen	0	-
Kopplungen (ind. / kab.)	0	++
Pkt. → Pkt. Transport großer Energiemengen	-	++
Netzstabilität durch Regelbarkeit	0	++

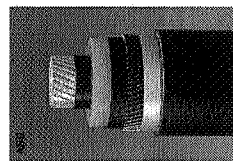
<< Optimierung durch Kombination >>

Erdkabel



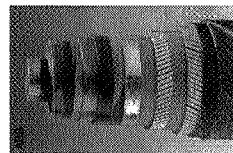
HVAC
VPE-Kabel

bis 380 kV-Systemspg.
1600 MW
Cu-Leiter 2500 mm²



**HVDC
VPE-Kabel**

Al-Leiter 2500 mm²
1200 MW

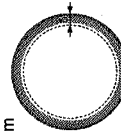


HVDC
MI-Kabel (See

bis 500 kV-Systemspg.
2000 MW
Cu-Leiter

Erdkabel - Allgemein

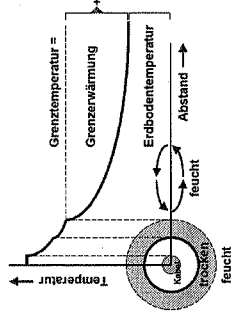
- **Hauptansatzgebiet:** 110kV Ebene
 - **Kabeltypen:**
 - VPE-Kabel (vernetztes Polyethylen als Isolierung)
 - MI-Kabel (masseisolierte Kabel mit Öl- und Öl-papierisolierung)
 - **Verlegung:**
 - Boden, Rohrleitungen und Tunneln, Tiefe ca. 0,6 m bis 2,0 m
 - Installation bzw. Reparatur bedarf umfangreicher Baumaßnahmen
 - Kabel im Betrieb quasi wartungsfrei, Zugänglichkeit von Muffen?
 - **Übertragungstechnik:**
 - Wechsel- und Gleichspannung → Skineffekt für AC:
 - Übertragungskapazität thermisch limitiert
 - Blindleistungskompensation (AC) zur Erhaltung der Netzstabilität
- Nutzungsdauer** auf mind. 40 Jahre geschätzt (VPE: Langzeiterfahrung)



$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \kappa}}$$

Erdkabel – 420kV VPE

- Pilotanwendungen zu Testzwecken, etwa:
 - Berlin
 - Vier ENLAG-Maßnahmen
- Unterschiede zur Freileitung in
 - Wirtschaftlichkeit,
 - Eingriff in den Boden und Wasserhaushalt (Austrocknung),
 - Sichtbarkeit, Öl als Isolator?
 - Verfügbarkeit aufgrund der Wartungs- und Reparaturarbeiten
- Erfahrungen für Lebensdauer ?



Quelle: Kwtl. W. Hochspannungs- und Hochleistungskabel
WVEN Verlag, Penktart a.M. (1985)

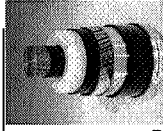
<< 420kV VPE Kabeltechnologie in der Erprobungsphase >>

25

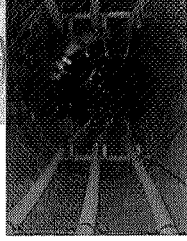
Erdkabel – Beispiel Berlin

380kV-VPE Kabel, IBS 2000, Quelle: Vattenfall (2005)

- 2 x 1100MVA
- Tunnel
- Durchmesser innen 3m,
- Tiefe 15...35m,
- Länge 6km
- Kabel mit Brandschutzanstrich
- Verlustwärme: 3.600 kW
- Ökologische Vorgaben
- zulässige Erwärmung 5K in 3m Abstand zur Außenwand
- Kühlung per Luft max. 60.000m³/h



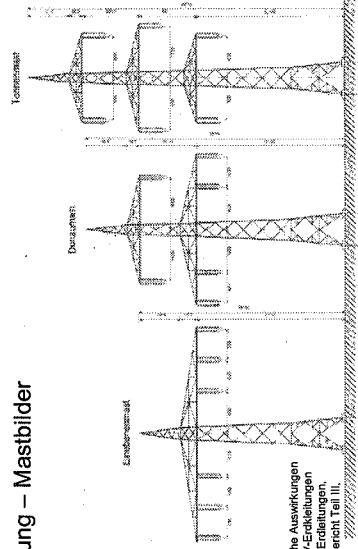
Quelle: Nexans HS-Katalog



<< Erfahrungen und Kabel- und Muffentechnologie >>

26

Leitung – Mastbilder

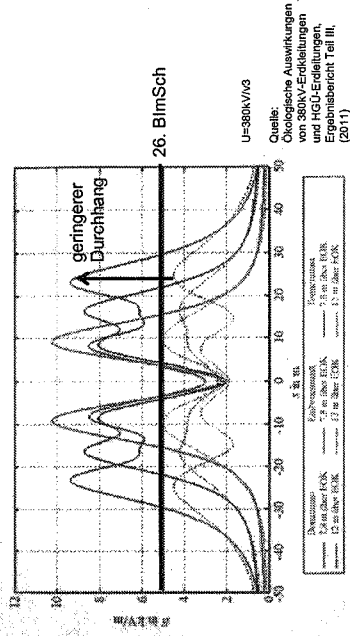


Quelle: Ökologische Auswirkungen von Hochspannungs- und HSD-Erweiterungen, Ergebnisbericht Teil III, (2011)

<< Optimierung von Höhe, Trassenbreite, Systemanzahl >>

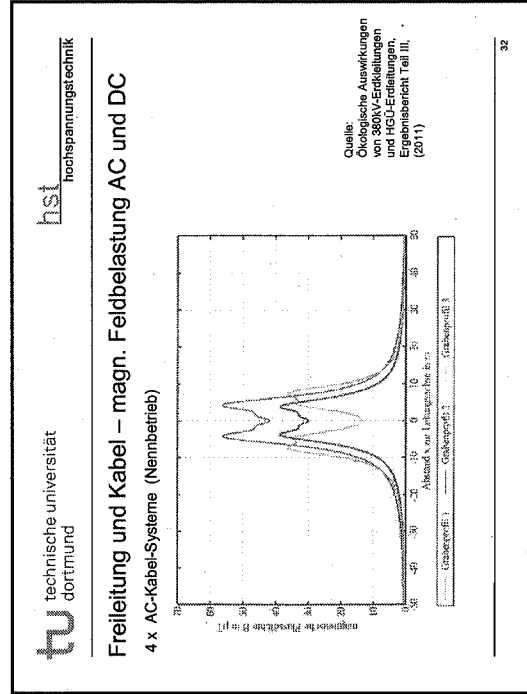
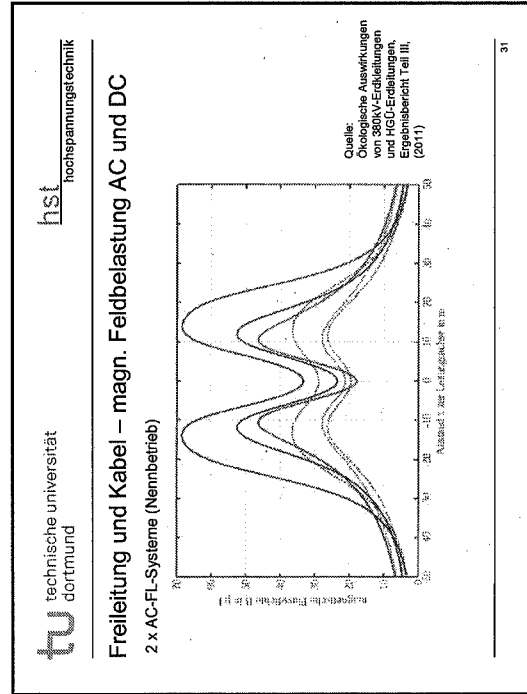
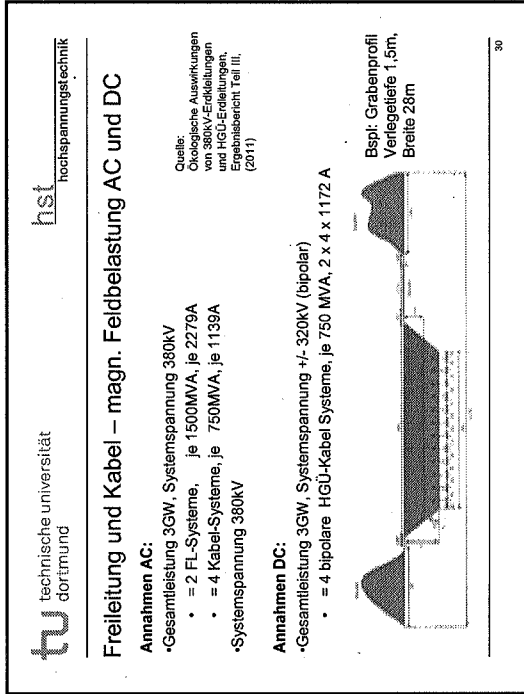
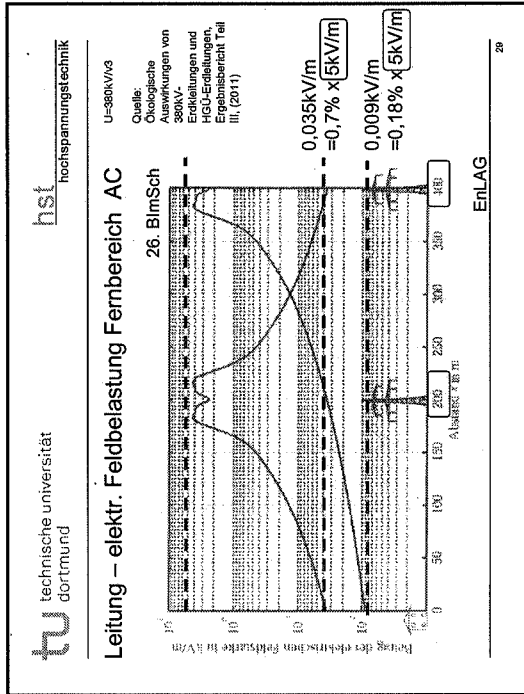
27

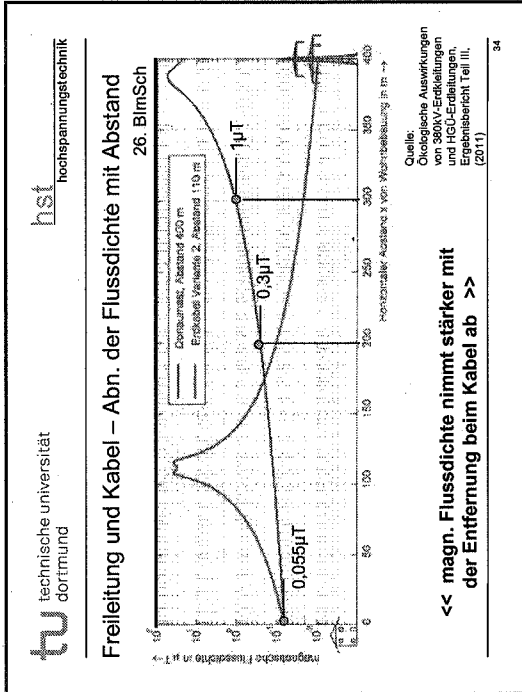
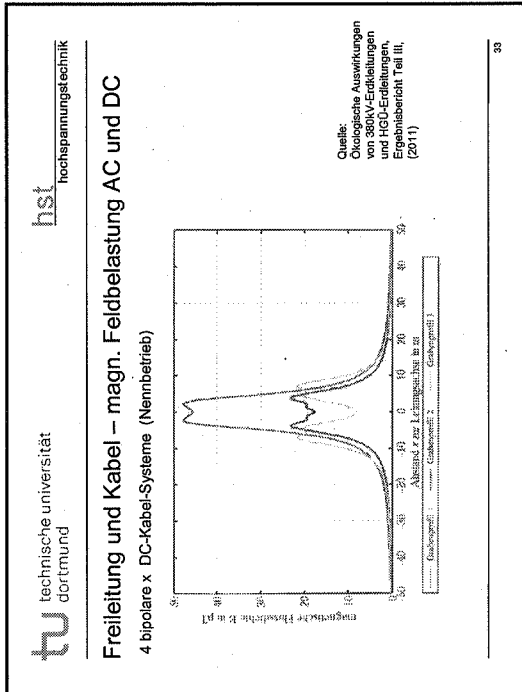
Leitung – elektr. Feldbelastung Nahbereich AC



Quelle: Ökologische Auswirkungen von 380kV-Erweiterungen und HSD-Erweiterungen, Ergebnisbericht Teil III, (2011)

28





tu technische universität dortmund

hst hochspannungstechnik

Diskussion Erdkabel AC und DC / Freileitung AC

Elektrisches Feld:

- Freileitung: ungeschirmt
- Kabel: geschirmt

Magn. Feld:

- 26. BlmSch: alle Systeme sind stets unterhalb von 100 μT
- Bei FL ist der Durchhang zu berücksichtigen:
- Bei 12m Höhe = 50% des B-Feldes als bei 7,8m Durchhang
- Bei Kabeln rascher Abfall der magn. Flussdichte wg. kompakter Bauweise
- gute Kompensation durch enge Verlegung $\leftrightarrow$ Erderwärmung
- HGÜ-Kabel vorteilhaft (im Vergleich zu AC-Kabeln)
- max. Flussdichte 20cm über Boden (nicht dargestellt):
FL $\rightarrow$ 60 μT ; AC-Kabel $\rightarrow$ 64...91T; HGÜ-Kabel $\rightarrow$ 40...75T

<< 26. BlmSch wird eingehalten >>

35

tu technische universität dortmund

hst hochspannungstechnik

HGÜ-Technologien: Übertragungstechnologie

• **Monopolarer Betrieb**

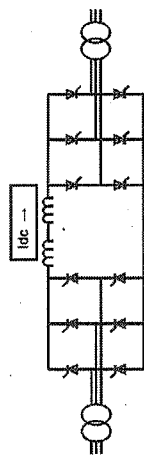
• **Bipolarer Betrieb**

Quelle: Siemens AG

36

HGÜ-Technologien: LCC

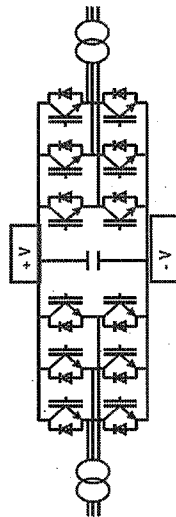
- Stromquelle
- netzgeführter Umrichter (Line-Commutated-Converter)
- Änderung der Leistungsrichtung durch Ändern der Polarität
- günstiger für hohe Leistungen
- geringere Verluste
- benötigt mehr Grundfläche, aufwändigere Filter notwendig
- Verwendung von Thyristoren (nur einschaltbar)



37

HGÜ-Technologien: VSC

- Spannungsquelle (Voltage Source)
- selbstgeführter Umrichter
- Änderung der Leistungsrichtung durch Ändern der Stromrichtung
- Start auch ohne AC-Netz („black start“)
- Verwendung von IGBT (insulated-gate bipolar transistor, ein-/ausschaltbar)
- weniger Filter notwendig, auch in „Multi-Level“ Ausführung



38

Konzept HGÜ-System „Ultrahigh“

Entwurf: Ampiron, 20.04.2012

- Aufbau einer HGÜ-Verbindung vom nördlichen Rheinland (Ampiron) nach Baden-Württemberg (Transnet BW)
- Motivation: Versorgungssicherheit nach Abschaltung der Kernkraftwerke
- Kapazitätserhöhung ist erforderlich zur Integration Erneuerbarer Energien
- „Schneller“ Realisierung vor 2019 angestrebt durch weitest gehende Nutzung der vorhandenen Infrastruktur (erste Ausbaustufe: heute zu 90% mit vorhandenen Gestängen erreichbar)
- Führung von Wechsel (AC)- und Gleichspannungsstromkreisen (DC) auf einem Gestänge (AC/DC-Hybrid auf bestehenden Masten/ Trassen)

© TU Dortmund

39

Konzept HGÜ-System „Ultrahigh“

- Pilotprojekt:
 - bisher keine betrieblichen Erfahrungen
 - Analyse der Effekte zwischen DC- und AC-Stromkreisen
 - bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen notwendig: Pilotuntersuchungen in Datteln unter realen Bedingungen (Kooperation Ampiron mit der TU Dortmund)
- Neuartige Umrichtertechnologie „4QV VSC-Konverter“ in dieser Leistungsklasse, der Spannungsebene und mit der Anwendung von AC/DC-Hybridleitungen
- Bestandteil des NEP 2012

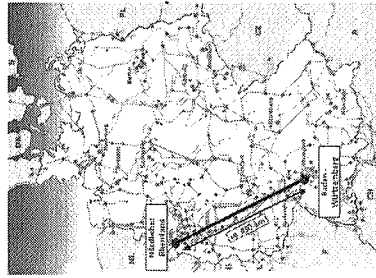
© TU Dortmund

40

Konzept HGÜ-System „Ultrahel“

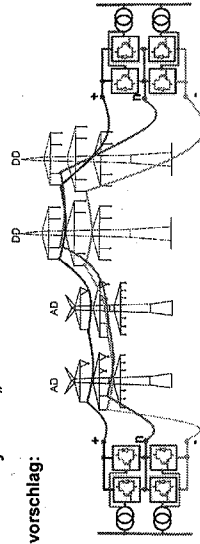
Technische Daten DC-Teil:

- Systemspannung: HVDC bipolar ± 400 kV, metallischer Rückleiter
- Strom: 2720 A
- Leistung: 2,2 GW
- Länge: ca. 430 km
- Topologie: Punkt-zu-Punkt



Konzept HGÜ-System „Ultrahel“

Topologievorschlagn:



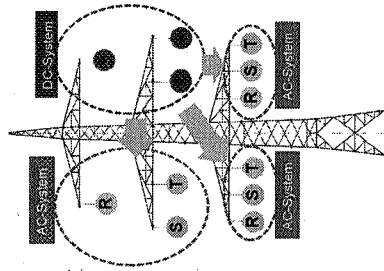
Vergleich mit klassischem Drehstromsystem (AC 380 kV)

- ca. 20% mehr Nennleistung als konventionelle AC, keine Blindleistungsverluste
- Erhöhung der Systemsicherheit durch aktive Spannungssteuerung (Blindleistung) und Lastflussregelung
- Mastbild ähnlich (andere Isolatoren)
- Erweiterung: Zweite Ausbaustufe mit neuen Masten in bestehenden Trassen

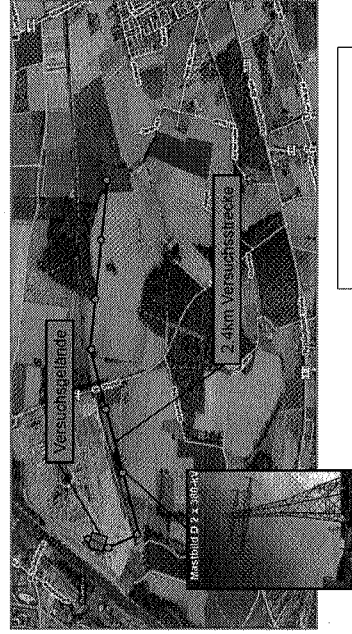
Datteln: AC und DC Hybridsystem

Ziel der Untersuchungen in Datteln

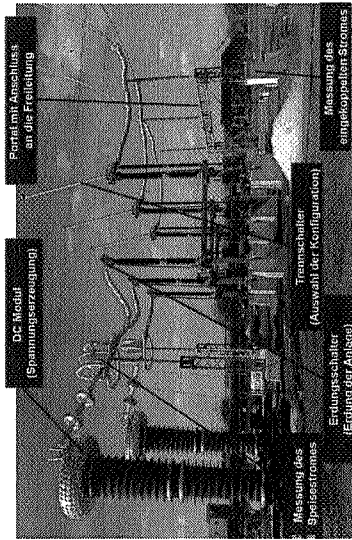
- Analyse der Effekte und Wirkungen ...
- ... zwischen Gleich- und Wechselspannungsstromkreisen
- ... bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen
- ... in unterschiedlichen Topologien



Versuchsstrecke in Datteln

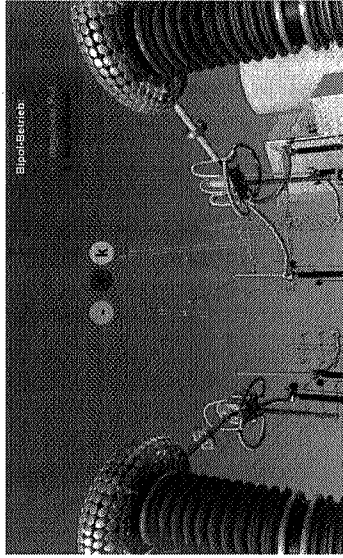


Speiseseite am HVDC-Generator



© TU Dortmund

Beispiel: Phasenlage und Polaritäten



© TU Dortmund

Versuchstopologien

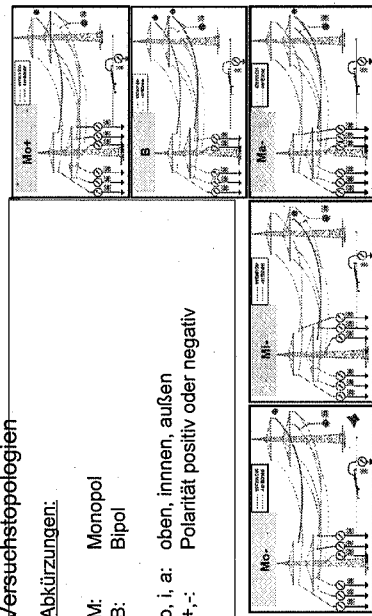
Abkürzungen:

M: Monopol

B: Bipol

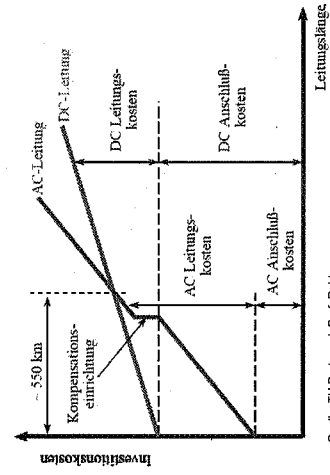
o, i, a: oben, innen, außen

+,-: Polarität positiv oder negativ



© TU Dortmund

Kostenvergleich AC- und DC-Übertragung



Quelle: TU Dortmund, Prof. Rehtanz

© TU Dortmund



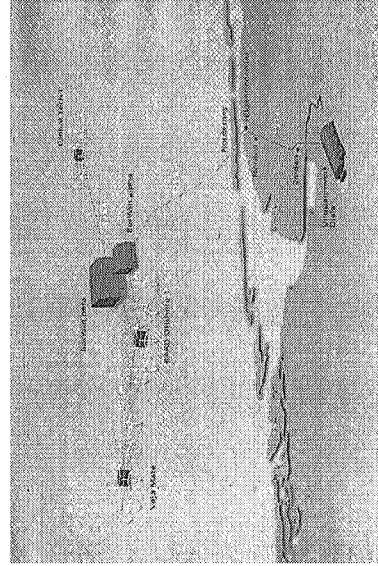
Vortrag am 10.07.2012

**Planungs- und Umweltausschuss
Rhein – Kreis Neuss**

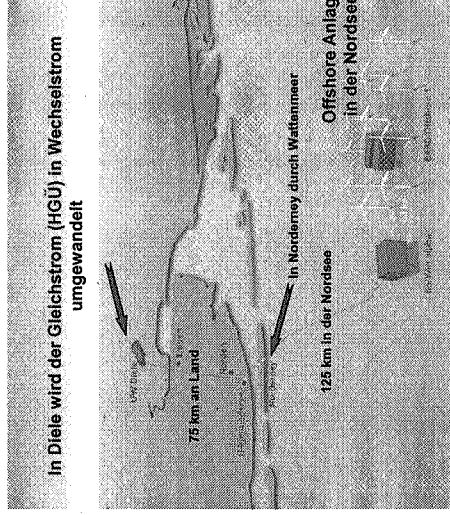
Bürgerinitiative:

„Pro – Erdkabel - Neuss - Reuschenberg“

von Willi Traut
Sprecher der Bürgerinitiative



2 Anlagen sind in Betrieb mit je 400MW = 800MW = ± 320 kV
Ein mittleres Kernkraftwerk leistet 1.200 MW



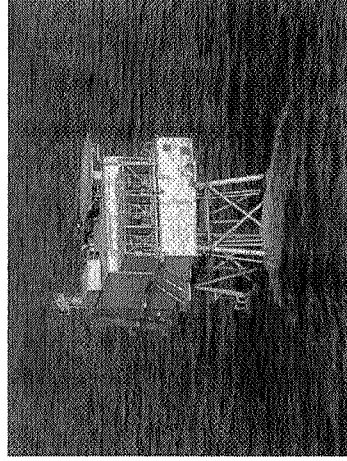
In Diele wird der Gleichstrom (HGÜ) in Wechselstrom umgewandelt

In Nordemoy durch Westfalenmeer

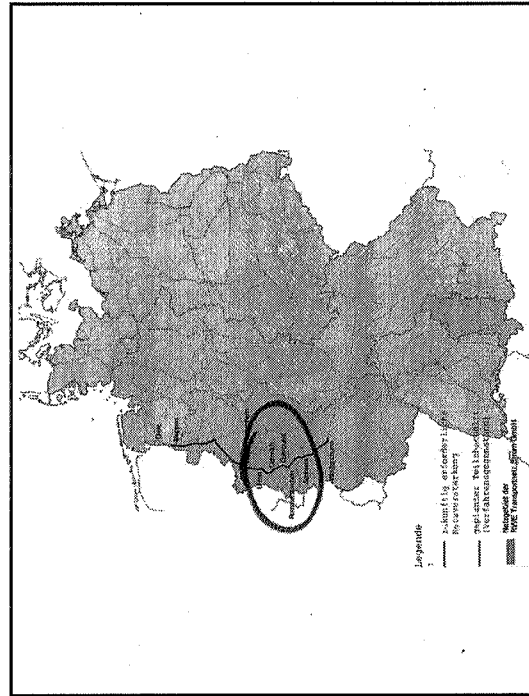
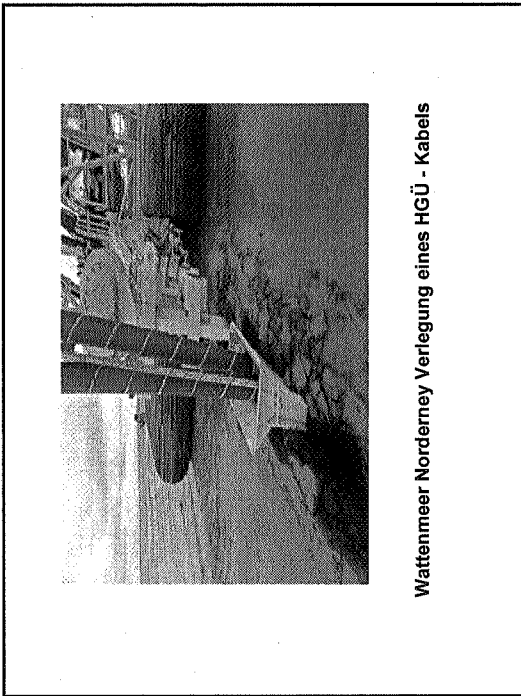
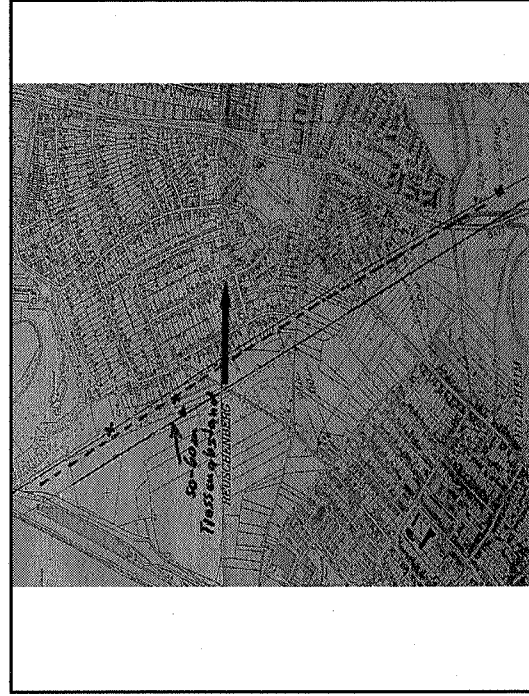
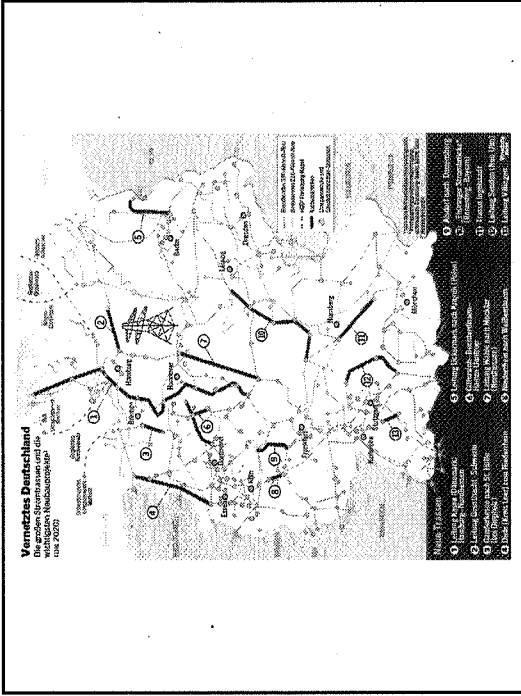
125 km in der Nordsee

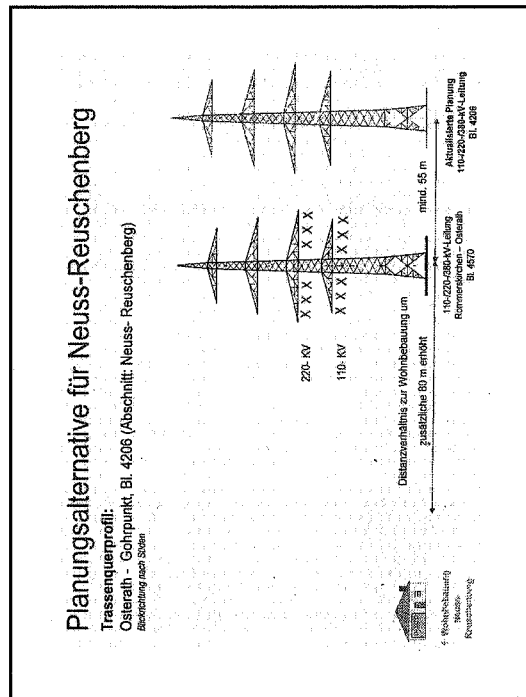
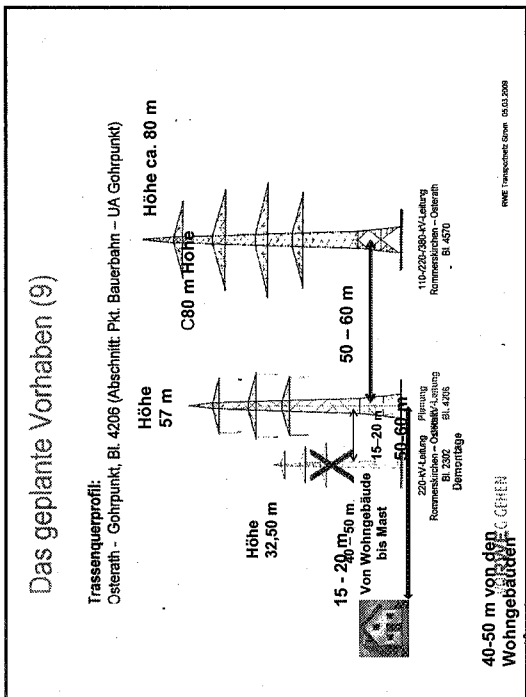
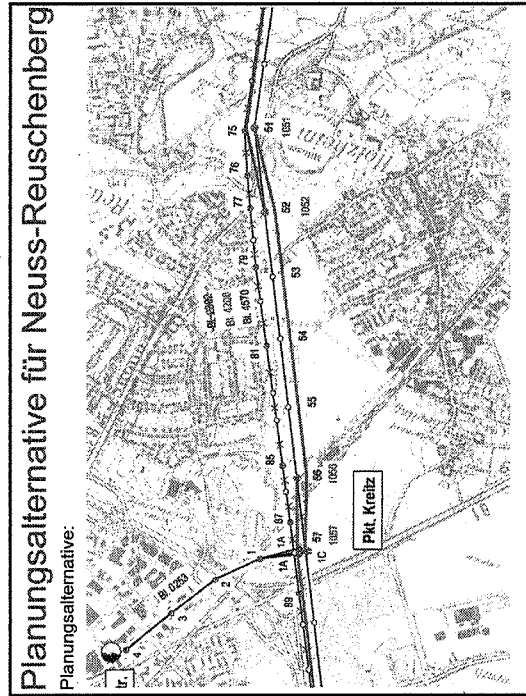
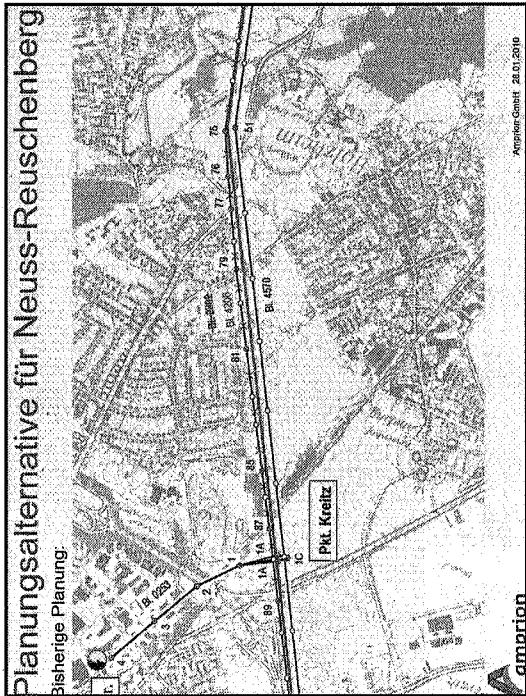
Offshore Anlage in der Nordsee

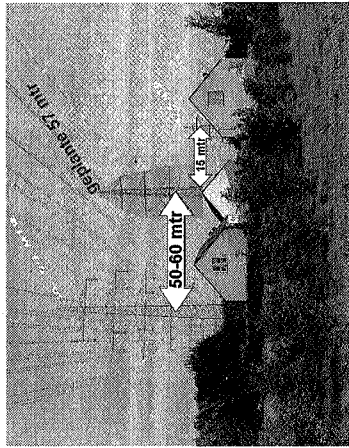
1. HGÜ Leitungen über 200 km 400MW = ± 150 KV



Plattform BORWIN ALPHA 1
Hier wird Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt







- Der Grundsatz „Gleichbehandlung aller gleichen Sachverhalte“ verlangt beim Neubau einer 380 KV - Höchstspannungsleitung von Erden nach Weißenthurm zwingend eine Teilerdkverkabelung im „sensiblen Bereich Neuss-Reuschenberg“ - Beschränkung von (Teil-) Erdverkabelung auf vier Pilotprojekte des EnLAG ist wirklichkeitsfremd und willkürlich, (weil es mehr sensible Bereiche im Sinne des EnLAG gibt)

- Der gleichen Meinung ist auch das Land Niedersachsen, dass vom Land Nordrhein Westfalen, diesbezüglich unterstützt wird.

- Das Land Niedersachsen wird sehr wahrscheinlich im Oktober 2012, einen Evaluierungsgesetzentwurf in den Bundestag einbringen, dieser Entwurf wird vom Land Nordrhein Westfalen unterstützt.
- Das o.a. Evaluierungsgesetz ist eine Novellierung des EnLAG.
- Das EnLAG weist lediglich vier Pilotprojekte auf.
- Mit dem Evaluierungsgesetz könnten weitere Pilotprojekte auf den neu zu errichtenden 380 KV Stromleitungsstrassen möglich gemacht werden.

Mikrotesla – Werte

In Deutschland 100, in der Schweiz 1,0, in Italien 0,5, in den Niederlanden 0,4, in Schweden 0,2
warum bleibt der Wert bei uns so hoch?

In diesen Häusern wurde ein Wert von 16,5 Mikrotesla gemessen.

Bei einem Fachgespräch, veranstaltet vom Umweltministerium NRW am 25. Januar 2012 im Düsseldorf zum Thema:

„Wie können Gesundheitsschutz und Vorsorge beim Ausbau des Stromnetzes in NRW umgesetzt werden“

sagte Dr. Eric v. Rongen, Gezondheidsraad (Niederlande) in seinem Referat folgendes:
Wenn eine neue 380Kv Höchstspannungsleitung über vorhandene Gebäude in den Niederlanden errichtet werden soll und der Eigentümer dies nicht wünscht, muss der Netzbetreiber (Tennet) das Haus erwerben, da der Grenzwert von 0,4 Mikrotesla nach der 26.BImSchV überschritten wurde.

- **Positionspapier der Bürgerinitiative „Pro-Erdkabel-Neuss-Reuschenberg“**
- **Wir fordern die Verlegung von Erdkabel in „sensiblen Bereichen“ analog „§ 2 Abs.2 Ziff.1 EnLAG“**

- Sensible Bereiche umgebender Abstand zur Wohnbebauung gibt es nicht nur in den vom Bundesgesetzgeber vorgegebenen Pilotprojekten. Eine Schlechterstellung solcher Bereiche außerhalb dieser Pilotprojekte widerspricht dem Gleichbehandlungsgrundsatz bei gleichen Sachverhalten und signalisiert eine Diskriminierung dieser Betroffenen.

- Die von den Netzbetreibern behaupteten Mehrkosten bei Erdkabelverlegungen (1:4 bis 1:10) basieren allein auf einem Investitionskostenvergleich. Es wird ein gesamtwirtschaftlicher Vergleich incl. aller Folgekosten gefordert, der von einer unabhängigen Institution erstellt werden muss. Schließlich hat die niedersächsische Landesregierung schon 2008 einen Faktor von nur 1 : 2,7 genannt (847, Bundesratsitzung v. 19.9.2008).

- **Wir fordern einen größeren Schutz vor Strahlenbelastung durch Absenkung der Grenzwerte im Zuge einer Novellierung der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes**

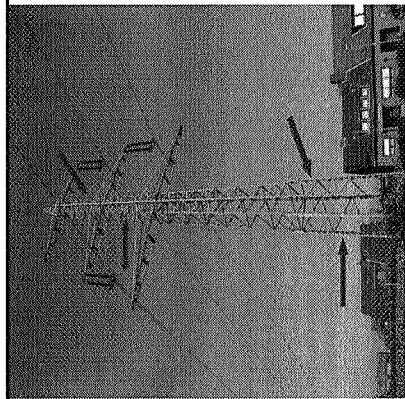
- Vorhandene Studien bezüglich einer Risikoerhöhung für Leukämie im Kindesalter bei Werten über 0,3 – 0,4 Mikrotesla (s. UMD - 4.2011, S.62) müssen ernst genommen werden. Bis zum Beweis des Gegenteils sind die Grenzwerte im Sinne von Vorsorgemaßnahmen - wie in den meisten benachbarten Ländern - entsprechend zu reduzieren. Es ist unverantwortlich mit einer solchen Maßnahme abzuwarten, bis sich die Studien weiter erhärten.
- Bis zu einer Novellierung dürfen kein Planfeststellungsverfahren **keine Fakten geschaffen werden.**

1. Runder Tisch, am 10.2.2011, auf Anregung der Bürgerinitiative beim Umweltminister (NRW). Herr Staatssekretär Paschedag erklärte den Beteiligten, dass die Kosten einer unterirdischen Verlegung nach HGÜ nur das 2,5 fache einer überirdischen Verlegung ausmachen und nicht das 4 - 10 fache wie RWE-Amprion uns erzählt.

Nach der neuesten Studie des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Sind die Kosten bei teilverkabelten Trassen (von 3 km und 5 km Länge) um das 1,6 bis 2,4-fachen höher als bei einer reinen Freileitungslösung. Durch die Teilverkabelung reduzieren sich allerdings die Verlustkosten um ca. 10 %.

Unter der Prämisse der höheren Akzeptanz von Erdkabeln, und daher beschleunigten Genehmigung neuer Übertragungsstrassen, wurde im zweiten Schritt ein zukünftiger 1-jähriger Netzingepass abgeschätzt und dessen Kosten bewertet.



Thomasstahlmast mit Verstärkungen
Laut Lokalpresse Neuss sollen hier evtl. HGÜ-Kabel angehangen werden.

Vergleich der Umweltbelastungen und -beeinträchtigungen bei den verschiedenen Übertragungstechniken

Beschreibung der Auswirkungen	bei Freileitungsaustausch	Erdfüllkabel in Hochspannungstechnik	Erdfüllkabel in Gleichstromtechnik HGÜ
dauerhafte Belastungen durch Trassen: Trassenbreite insgesamt Trassenbreite in Wäldern	ca. 72 m 72m & 28m = 100m	15,50m 45,00m & 10m = 55m	12,00 - 15,00 m ca. 30,00 m
Mastabstand Masthöhe - Regelfall Masthöhe - Regelfall Mindestabstand der Leiterselle Durchhang der Leiterselle	300 - 500m etwa 50m 11,1 - 14,65m 12m 13m	Entfällt	Entfällt
Nutzungseinschränkungen Bewuchseinschränkungen	Keine Bebauung Keine Bäume	Keine Bebauung Eingeschränkte Nutzung	Keine Bebauung, Nutzungseinschränkungen problemlos möglich
Verlegetiefe	Entfällt	ca. 1,50m	ca. 1,50m
Erdausfälligkeit	Entfällt	sehr hoch	Entfällt
Bodenerwärmung	Entfällt	unter 5° Celsius	geringer als Sonnenwärme werden benötigt
Drainagen	Entfällt	werden benötigt	Entfällt
Beeinträchtigungen landwirtschaftlicher Betriebe	Ausfall des GPS Systems	Ausfall des GPS Systems	KEINE Probleme

Amprion kündigt Milliarden-Investitionen in Netzausbau an

29.05.2012

Das kündigte das Unternehmen am Dienstag bei einem Besuch von Bundeskanzlerin Angela Merkel (CDU) in seiner Netzsicherheitszentrale in Pulheim bei Köln an.

2017 soll nach seinen Worten Deutschlands erste Höchstspannungsleitung mit Gleichstrom in Betrieb gehen. Dieses so genannte Ultranet soll über mehr als 400 Kilometer von Wesel am Niederrhein (durch den Rhein – Kreis Neuss und natürlich auch über Reuschenberg) nach Baden-Württemberg verlaufen.

Das Netz solle als Freileitung weitgehend auf vorhandenen Masten errichtet werden.

"Das Ultranet kann mit seiner erheblich höheren Übertragungskapazität die bereits heute überlasteten Nord-Süd-Stromtransportachsen verstärken", sagte Brick.

Quazelle Ampicillin

Planfeststellungsverfahren im Rhein-Kreis Neuss

Problemzone: Kaarst

Eröffnung des Planfeststellungsverfahrens
Problemzone: Neuss Reuschenberg

Planfeststellungsverfahren Grevenbroich:
Problemzone: Neukirchen / Gubisrath