



## Technische und wirtschaftliche Folgen eines verstärkten 110-kV-Kabeleinsatzes

im Netz der *envia* Verteilnetz GmbH

06.09.2006

Matthias Plass

Leiter Operatives Assetmanagement HS/MS/NS

## Gliederung:

### 0 Kurzvorstellung *envia NETZ*

- 1 Netzausbau nach EEG/KWK
- 2 Einleitung in die Thematik - Themenstellung
- 3 Kabel und/oder Freileitung – Grundlagen bei Einzelbetrachtung
- 4 bewährte Betriebspraxis der HS-Netze / Betriebsparameter
- 5 Folgen des Zubaus von Kabel oder Freileitung in bestehende HS-Netze
- 6 HS-Netzgebiet Brandenburg als praktisches Beispiel
- 7 Technisch-Wirtschaftliche Einschätzung



- In Reaktion auf Unbundling-Anforderungen des EnWG wurden am 1.1.2005 aus **enviaM** die Gesellschaften [envia Verteilnetz GmbH](#) und [envia Netzservice GmbH](#) gegründet
- Operativer Betrieb des Netzes durch **envia Netzservice GmbH (envia NSG)**
- Aufgaben des „**Netzbetreibers**“ bei [envia Verteilnetz GmbH \(envia NETZ\)](#) (Entscheidungen über Inhalt und Aufwendungen für Betrieb, die Wartung und Ausbau des Verteilnetzes; Beauftragung der **envia NSG**)
- Sitz der Gesellschaft ist Halle (Saale)

75 000 km Leitungen\*; 220 Umspannwerke; 21.000 Netzstationen; 26 000 km<sup>2</sup> Netzgebiet; [3500 MW Höchstlast](#); [1300 MW Schwachlast](#); 22.000 GWh Stromabsatz

\* **Alle Zahlenangaben sind gerundet**

## Gliederung:

0 Kurzvorstellung *envia NETZ*

**1 Netzausbau nach EEG/KWK**

2 Einleitung in die Thematik - Themenstellung

3 Kabel und/oder Freileitung – Grundlagen bei Einzelbetrachtung

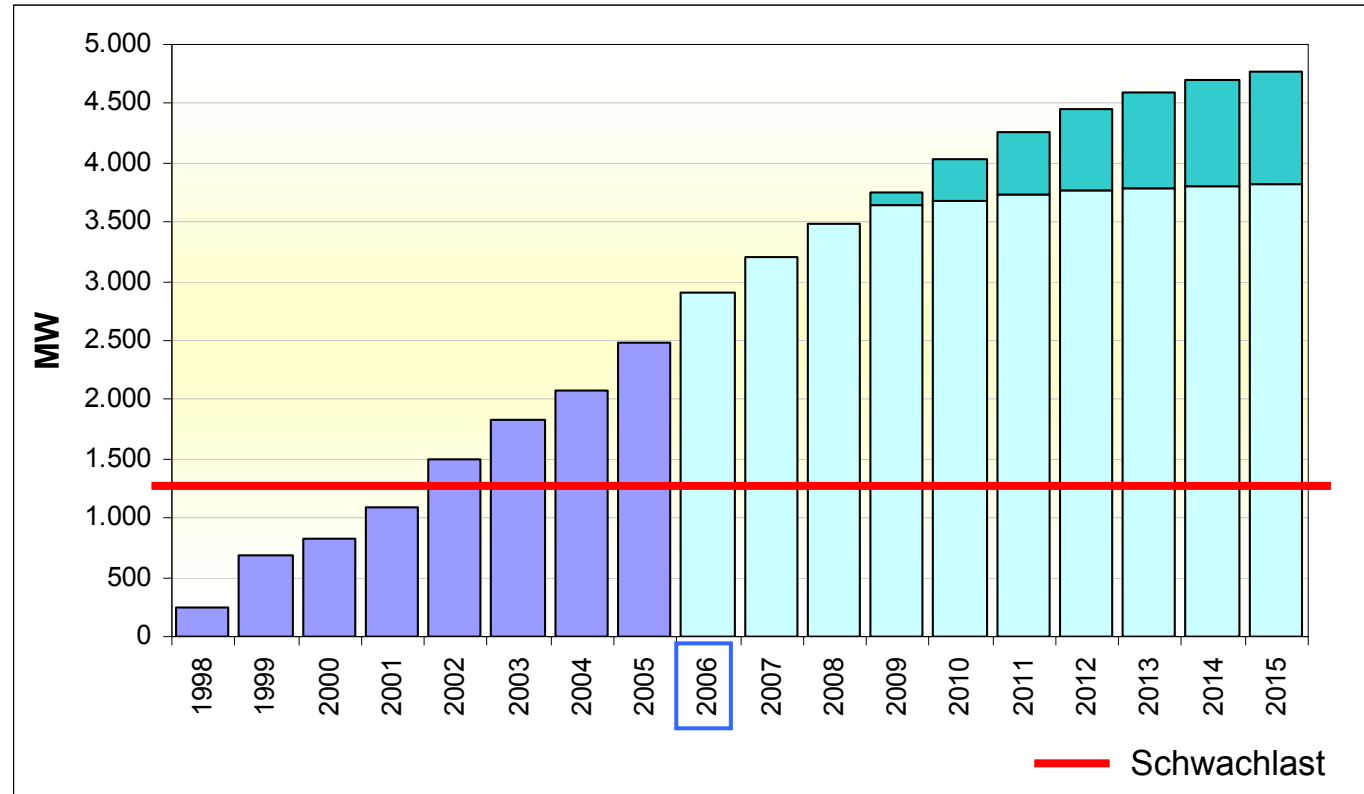
4 bewährte Betriebspraxis der HS-Netze / Betriebsparameter

5 Folgen des Zubaus von Kabel oder Freileitung in bestehende HS-Netze

6 HS-Netzgebiet Brandenburg als praktisches Beispiel

7 Technisch-Wirtschaftliche Einschätzung

- ◆ Starke Zunahme von EEG-Anlagen (besonders Wind) in unserem Netzgebiet seit 1998
- ◆ Eigene Prognoseuntersuchungen bis 2025 in Anlehnung an „dena-Studie“
- ◆ Basis der Prognose: Bauprojekte, Anmeldungen, potentieller Zuwachs in Windeignungsgebieten und Repowering
- ◆ 90% der EEG-Leistung durch Windkraft



- ◆ Durch zu hohe Einspeiseleistung erhebliche Kapazitätsprobleme in der Anschlussnetzebene (Leitungen) mit zunehmenden Transport in Richtung vorgelagertes Netz
- ◆ Mittelspannung ► Hochspannung ► Höchstspannung (Vattenfall Europe Transmission)

# Notwendiger Netzausbau in HS-Netzen der *envia NETZ*

	Kurzfristiger Netzausbau	Mittelfristiger Netzausbau	Langfristiger Netzausbau
Leitungen in Systemkilometer	118	54	18
110-kV-Schaltfelder	12	11	6

**Stand: 06.09.06**

***Investitionshöhe insgesamt: ca. 50.000 T€; aktuelle Preiserhöhungen noch nicht eingerechnet***

***Grundlage: Netzplanungen der envia NETZ auf Basis des (n-1)-Prinzips unter Schwachlast- und Starkwindbedingungen***

## Gliederung:

0 Kurzvorstellung **envia NETZ**

1 Netzausbau nach EEG/KWK

**2 Einleitung in die Thematik - Themenstellung**

3 Kabel und/oder Freileitung – Grundlagen bei Einzelbetrachtung

4 bewährte Betriebspraxis der HS-Netze / Betriebsparameter

5 Folgen des Zubaus von Kabel oder Freileitung in bestehende HS-Netze

6 HS-Netzgebiet Brandenburg als praktisches Beispiel

7 Technisch-Wirtschaftliche Einschätzung

## Einleitung - Derzeitige Situation...

---

- durch Zunahme der Nennleistung insbesondere der Windanlagen (Tendenz: 5 MW Anlagen) und angekündigtes/erwartetes Repowering: **rasante Verschärfung der Engpasssituationen** im HS-Netz, **Zunahme von Häufigkeit und Stufeneinsatz des Netzsicherheitsmanagements (NSM)**
- normale Wartung des Netzes wird erheblich erschwert (Leitungen können für Wartungs-, Sanierungs- und Ersatzmaßnahmen nicht mehr außer Betrieb genommen werden)
- **steigende Gefahr von HS-Leitungsausfällen und damit großflächigen Versorgungsstörungen**



**Dringender Handlungsbedarf zum Netzausbau im HS-Netz**



## Argumente; Erkenntnisse...

---

- an Netzbetreiber werden vordergründig vielfältige Argumente gerichtet, nach denen ein notwendiger Netzausbau mit Kabel nach Möglichkeit in Betracht zu ziehen ist
- es existieren verschiedene Untersuchungen und Veröffentlichungen zum Thema, die aber den Blickwinkel nur auf eine ideale Leitung oder eine reelle Leitung, jedoch ohne zugehörige Gesamtnetz Betrachtung richten

### Fazit:

Hinsichtlich der optimalen Netzausbaustrategie bedarf es gesamtheitlicher Untersuchungen der betreffenden Netze als Ganzes hinsichtlich technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Aspekte. Es gilt, das Gesamtsystem an die Ausbauanforderungen optimal anzupassen.

## ... Folgerung für *envia NETZ*:

---

Notwendigkeit einer **Gesamtnetzstudie mit Gesamtfolgenabschätzung**, nachfolgende objektive Diskussion der Ergebnisse mit Vattenfall Europe Transmission zur Verallgemeinerung

Ziel bei *envia NETZ*: Fertigstellung bis Ende 2006/Anfang 2007

## Gliederung:

- 0 Kurzvorstellung *envia NETZ*
- 1 Netzausbau nach EEG/KWK
- 2 Einleitung in die Thematik - Themenstellung
- 3 Kabel und/oder Freileitung – Grundlagen bei Einzelbetrachtung**
- 4 bewährte Betriebspraxis der HS-Netze / Betriebsparameter
- 5 Folgen des Zubaus von Kabel oder Freileitung in bestehende HS-Netze
- 6 HS-Netzgebiet Brandenburg als praktisches Beispiel
- 7 Technisch-Wirtschaftliche Einschätzung

# Vergleich wesentlicher elektrischer Parameter von Kabel und Freileitung (beispielhaft)



	Kenngrößen 110-kV-Leitung (System)		Einfluss auf Auswahl Kabel/Freileitung	Bemerkungen
	Freileitung	Kabel		
<b>Thermische Übertragungsfähigkeit <math>S_{th}</math></b>	130 MVA bei Querschnitt 265/35 Al/St	133 MVA bei Querschnitt 400 mm <sup>2</sup> Cu	Übertragungsfähigkeit abh. von Wärmeabführung der Isolation;	Notwenige Leistungsübertragungsaufgabe bestimmt Querschnitt
<b>Widerstandsbelag <math>R'</math></b>	ca. 0,117 $\Omega$ /km	ca. 0,05 $\Omega$ /km	Stromabh. Verluste bei Freileitung allgemein höherer	Verlustbilanz aber abhängig von Lastflusssituation im Gesamtnetz; (geringere Impedanz des Kabels verursacht höhere Stromaufn.)
<b>Kapazitätsbelag <math>C'_0</math></b>	ca. 5,1 nF/km	ca. 190 nF/km	Kapazitiver Erdschlussstrom $I_{CE \text{ Kabel}} = \text{ca. } 11,7 \text{ A/km}$ $I_{CE \text{ Freiltg.}} = \text{ca. } 0,3 \text{ A/km}$	$I_{CE}$ bestimmt indirekt mögliche Netzausdehnung und/oder Erdschlusskompensation (Begrenzung $I_{REST} = 130 \text{ A}$ )
<b>Natürliche Leistung <math>P_{nat}</math></b>	32,5 MW	219 MW	<b>Friltg.:</b> $S_{th} > P_{nat}$ Betrieb i.d.R. oberhalb $P_{nat} = \text{indukt. Betrieb}$ ; <b>Kabel:</b> $S_{th} < P_{nat}$ Betrieb i.d.R. unterhalb $P_{nat} = \text{kapaz. Betrieb}$	Anteil Kabel/Freileitung bestimmt Blindleistungshaushalt im Gesamtnetz wesentlich; Kabel benötigen zusätzliche Kompensation

# Vergleich weiterer wesentlicher Parameter (2)

von Kabel und Freileitung (beispielhaft)

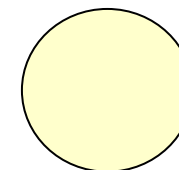


	Kenngrößen 110-kV-Leitung (System)		Einfluss auf Auswahl Kabel/Freileitung	Bemerkungen
	Freileitung	Kabel		
<b>Lebensdauer</b>				
	bis 100 a	ca. 40 ... 50 a; langj. Betriebs- erfahrungen liegen noch nicht vor	Wichtig für langfristige Kostenbetrachtung	
<b>Zuverlässigkeit</b>				
<b>Ereignisanzahl (Einfachfehler) pro Jahr</b>	871	44		Quelle: VDN-Statistik; für 110 kV, kompensiert; Durchschnitt 1994 - 2001  <b>Netzbetreiberpflicht: Einhaltung Versorgungs- zuverlässigkeit</b>
<b>Eintrittshäufigkeit /km u. a</b>	0,00218	0,00432		
<b>Aus-Dauer in h</b>	3,2	66,09		
<b>Genehmigungsverfahren</b>				
	Erforderlich, Dauer 4...10 a	Analoges Ver- fahren wie Frltg.		

## Fazit aus der „Einzelbewertung“:

---

- Eine objektive Betrachtung an „Einzelleitungen“ (entweder modellhaft oder real) führt nach unserer Erfahrung nicht zu verwertbaren Erkenntnissen
- Der Leitungsbau oder die Leitungsbaumaßnahmen sind immer in Verbindung mit dem Gesamtsystem Netz zu sehen
- Zubau von Kabel bedeutet: erhebliche Veränderung des Gesamtsystems



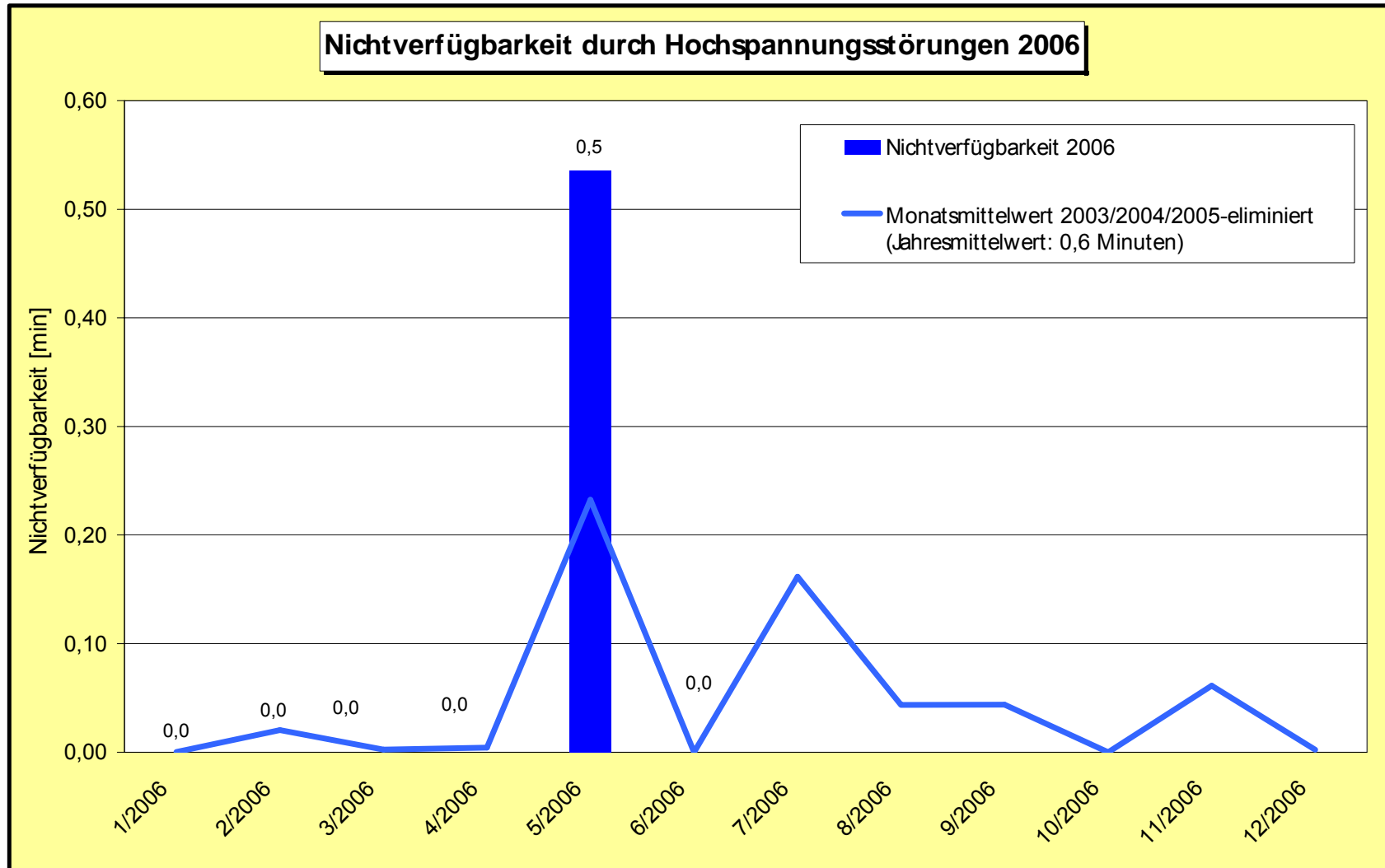
## Gliederung:

- 0 Kurzvorstellung **envia NETZ**
- 1 Netzausbau nach EEG/KWK
- 2 Einleitung in die Thematik - Themenstellung
- 3 Kabel und/oder Freileitung – Grundlagen bei Einzelbetrachtung
- 4 bewährte Betriebspraxis der HS-Netze / Betriebsparameter
- 5 Folgen des Zubaus von Kabel oder Freileitung in bestehende HS-Netze
- 6 HS-Netzgebiet Brandenburg als praktisches Beispiel
- 7 Technisch-Wirtschaftliche Einschätzung

- zu 99,3% Freileitung
- Fahrweise: **Gelöschte Netze (Resonanzsternpunktterdung)**
- Begrenzung der Ausdehnung: **Einhaltung der zulässigen Werte für die Berührungsspannung im Erdschlussfall ->  $I_{rest} = 130 \text{ A}$**
- bewährte Praxis der AWE
- konstante Zunahme der Oberschwingungspegel
- Wegbrechen von Last in bestimmten strukturschwachen Netzgebieten
- HS-Teilnetze der *envia NETZ* erreichen die Betriebsgrenzen mit der Netze in gelöschter Fahrweise betrieben werden können (bei Anwachsen  $I_{CE}$  des Netzes)







# Inhalt des Vortrages

---

## Gliederung:

- 0 Kurzvorstellung **envia NETZ**
- 1 Netzausbau nach EEG/KWK
- 2 Einleitung in die Thematik - Themenstellung
- 3 Kabel und/oder Freileitung – Grundlagen bei Einzelbetrachtung
- 4 bewährte Betriebspraxis der HS-Netze / Betriebsparameter
- 5 Folgen des Zubaus von Kabel oder Freileitung in bestehende HS-Netze
- 6 HS-Netzgebiet Brandenburg als praktisches Beispiel
- 7 Technisch-Wirtschaftliche Einschätzung

## Netzsituation *envia* NETZ – Folgen...

---

- Kabelzuwachs bedeutet erheblichen Zuwachs an  $I_{CE}$  / Wirkreststrom (Erdung)
- Im Fall bereits hoher  $I_{CE}$  - Werte im Netz:

### Handlungsoptionen hinsichtlich eines Netzausbaus:

**Variante 1** – Umstellung der gelöschten Fahrweise des HS-Netzes auf niederohmige Sternpunktterdung (NOSPE) mit der Folge der kompletten Umstellung der Schutz- und Betriebstechnik und erheblicher Auswirkung auf die Unterbrechungshäufigkeit/Spannungsqualität (jeder Erdschlusswischer führt zur Abschaltung, Spannungseinbruch)

**Variante 2** – Verkleinerung der Teilnetze bedingt zusätzlichen Leitungsneubau wegen zwangsweiser Mehrbelastung einzelner Leitungen und zusätzliche HöS/HS-Einspeisepunkte

## Netzsituation *envia* NETZ – Folgen... (2)

---

- **Einfluss Zubau Kabelstrecken auf:**
- **Ausfallraten (Kombination Freileitung und Kabel hat erhöhten Einfluss auf Ausfallgeschehen)**
- **hohe Bedeutung der Isolationskoordination (Übertrag äußerer Überspannungen aus dem Freileitungsnetz ins Kabelnetz)**

# Inhalt des Vortrages

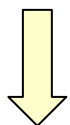
---

## Gliederung:

- 0 Kurzvorstellung **envia NETZ**
- 1 Netzausbau nach EEG/KWK
- 2 Einleitung in die Thematik - Themenstellung
- 3 Kabel und/oder Freileitung – Grundlagen bei Einzelbetrachtung
- 4 bewährte Betriebspraxis der HS-Netze / Betriebsparameter
- 5 Folgen des Zubaus von Kabel oder Freileitung in bestehende HS-Netze
- 6 HS-Netzgebiet Brandenburg als praktisches Beispiel
- 7 Technisch-Wirtschaftliche Einschätzung

# Konkretes Beispiel: Ersatzneubau im TN Rot in Cottbus

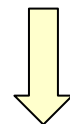
- Charakteristik:
  - geringe Lastdichte (Heideland)
  - Bevölkerungsrückgang (Demographie)
  - schwaches 110-kV-Netz



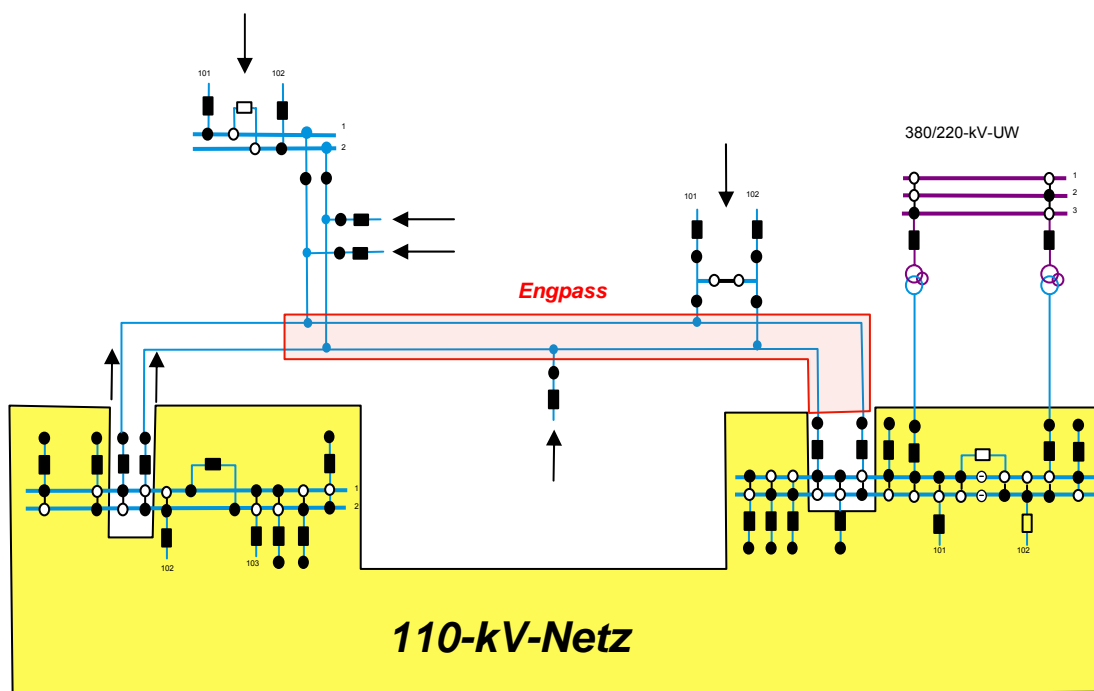
- starker EEG-Zuwachs in relativ kurzer Zeitspanne



- Netzengpass

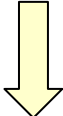


- umgehender Netzausbau



## Konkretes Beispiel: Ersatzneubau im TN Rot in Cottbus

---

- Planung: 27 km Freileitungsneubau der 110-kV-Leitung  
Uckro – Lübbenau (EEG-Netzausbau)
  - Konsequenzen einer alternativen Kabellösung:
    - voraussichtlich geringfügige Verkürzung der Trasse auf ca. 25 km
    - Kompensation der kapazitiven Ladeströme
    - Einbindung der Stichanschlüsse in das Kabel
    - Anwachsen des Erdschlussreststromes über 130 A → unzulässig
- 
- notwendige Folge:
- Umstellung auf niederohmige Sternpunktterdung ?
  - Änderung der Netzgröße (Verkleinerung der TN) ?

## Gliederung:

- 0 Kurzvorstellung **envia NETZ**
- 1 Netzausbau nach EEG/KWK
- 2 Einleitung in die Thematik - Themenstellung
- 3 Kabel und/oder Freileitung – Grundlagen bei Einzelbetrachtung
- 4 bewährte Betriebspraxis der HS-Netze / Betriebsparameter
- 5 Folgen des Zubaus von Kabel oder Freileitung in bestehende HS-Netze
- 6 HS-Netzgebiet Brandenburg als praktisches Beispiel
- 7 Technisch-Wirtschaftliche Einschätzung



## Technisch-Wirtschaftliche Bewertung – Aber: Gesamt

---

**Für die technisch – wirtschaftliche Bewertung der Varianten des EEG-bedingten Netzausbaus sind dynamische Investitionsrechnungen notwendig. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:**

- Wirtschaftlichkeitsvergleich über Barwertmethode
- Betrachtungszeitraum für Investitionen im Netz? – Orientierung an Lebenszyklus der Freileitung! (Berücksichtigung einer Erneuerungsinvestition bei Kabeleinsatz)
- Berücksichtigung nicht nur primärer Ausbaukosten sondern auch sekundärer Kosten (durch Umstellungen der Betriebstechnik, Veränderungen der Netztopologie zur Einhaltung der Zuverlässigkeitsanforderungen etc.)
- ....



***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !***

Referent: Matthias Plass **envia NETZ** Leiter Operatives Assetmanagement HS/MS/NS