

# Netzintegration der Erneuerbaren Energien im Land Brandenburg

Vortrag zur 2. Konferenz  
„Energieversorgung und Klimawandel“

15. Mai 2009

*vorgetragen von:*

**Prof. Dr.-Ing. Klaus Pfeiffer**

Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Gastprofessur Dezentrale Energiesysteme und

Kraftwerkselektrotechnik

Walther-Pauer-Straße 5

03046 Cottbus

[klaus.pfeiffer@tu-cottbus.de](mailto:klaus.pfeiffer@tu-cottbus.de)

## Ausgangslage

- **Stetiger Anstieg der installierten Leistung von EEG-Erzeugungsanlagen, vornehmlich Windenergieanlagen**
- **Brandenburg ist von dieser Entwicklung mit am stärksten betroffen**
- **Problemstellungen für den Betrieb der Übertragungs- und Verteilnetze:**
  - erschöpfte Aufnahmekapazitäten
  - kritische Situationen bei Starkwind und gleichzeitiger Schwachlast-situation im Netz
  - keine bedarfsgerechte Einspeisung
  - Gefährdung der Netzstabilität durch Gefährdung der Kraftwerksbilanz

- **Handlungsbedarf:**

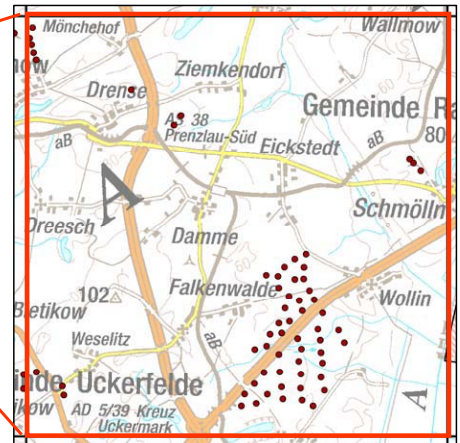
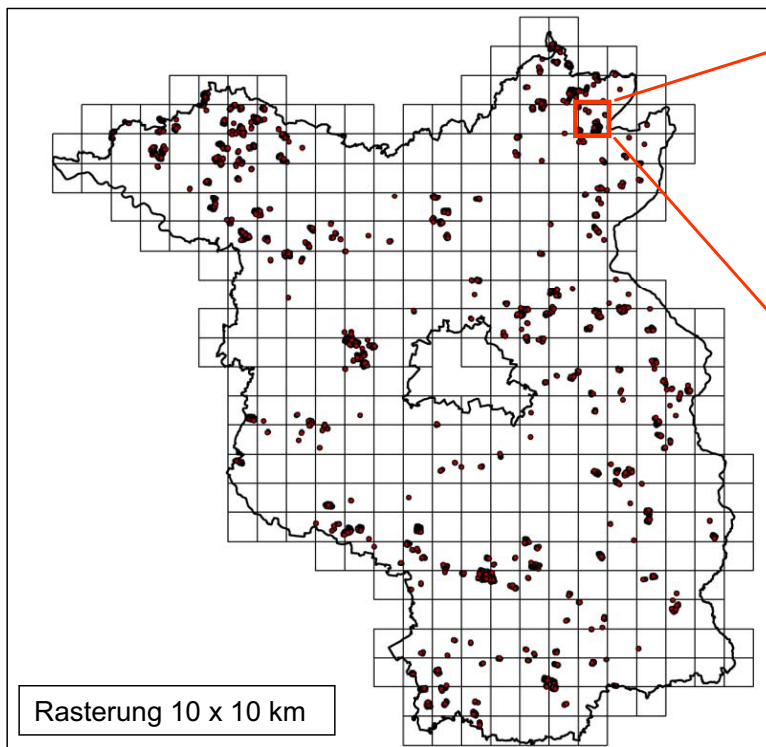
**Ableitung von richtigen Schlussfolgerungen für die zukünftigen Entwicklungen**

- **Schwerpunkte:**

- Ermittlung der EE-Potenziale
- Beitrag zu einer koordinierten Netzausbauplanung
- Vorschlag von neuen Konzepten zur bedarfsgerechten Energieversorgung mit erneuerbaren Energien (fahrplanbasierte Einspeisung)

- **Prognose der EEG-Einspeisung**

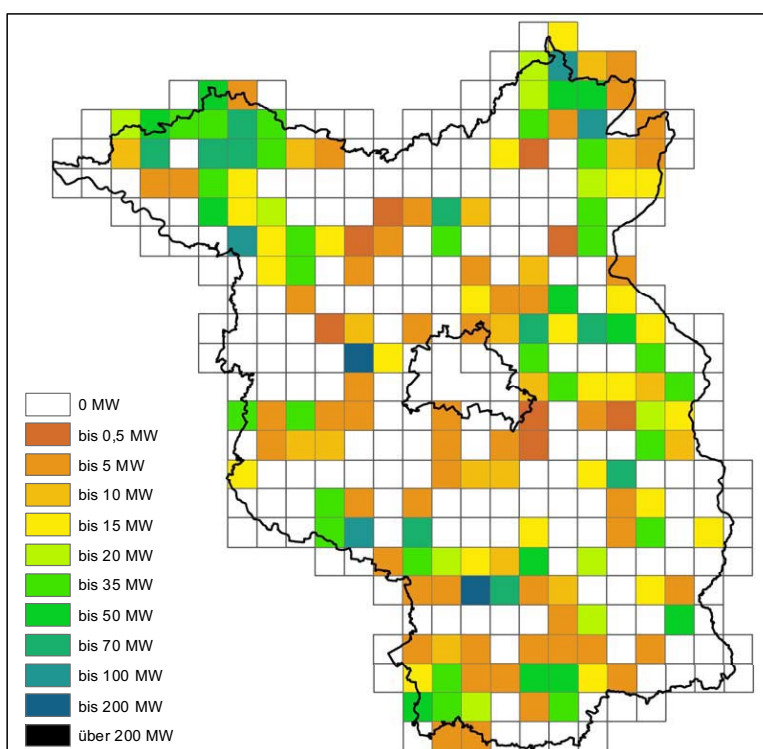
## Systematik der Erfassung



Für jede der 2.330 WKA sind erfasst:

- metergenaue Standort, Eignungsgebiet
- Errichtungs-Datum
- WKA-Typ (Hersteller, Leistung, Rotor-durchmesser, Nabenhöhe)
- Netzbetreiber
- Netzanschlusspunkt

## Räumliche Verteilung der EE-Einspeisung



Stand 01.01.2007

**Windkraftleistung: 3.100 MW**  
(Quelle: CEBra Research)

**Biomasseleistung: 191 MW**  
(Quelle: CEBra Research)

**Sonstige regenerative Einspeisung  
in Summe deutlich unter 100 MW**

Grundszenarien		Übertragungsnetzebene		Verteilungsnetzebene	
<b>S1</b>	<b>Vollständige Bebauung der Windeignungsgebiete</b> in Brandenburg	WEA	1000 MW	WEA BioM	6000 MW 575 MW
<b>S2</b>	<b>S1 + 1.500 MW</b> räumlich konzentriert in Nordost-Brandenburg	WEA	2500 MW	WEA BioM	6000 MW 575 MW
<b>S3</b>	<b>S1 + 375-MW-Erneuerbares Energien-Hybridkraftwerk</b>	WEA HyKW	1000 MW 375 MW	WEA BioM	6000 MW 575 MW
<b>S4</b>	deutliche <b>Ausweitung der Windenergienutzung</b> mit ca. Verdopplung zu Szenario S1 (S1 + diverse Großwindparks)	WEA	~8000 MW	WEA BioM	6000 MW 575 MW

## ■ Netzausbau-Erfordernisse

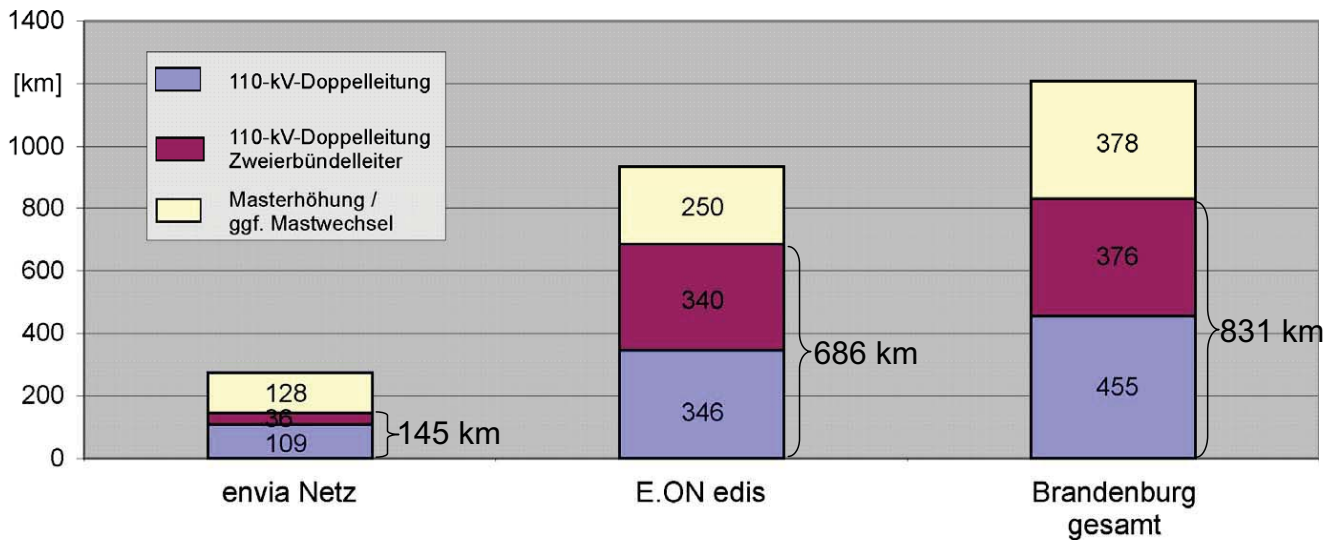
## Vorbemerkungen

- Berechnung mit **realen Netzparametern**
  - Verteilnetze der E.ON edis und envia Netz innerhalb Landesgrenze BB
  - Übertragungsnetz: Netzmodell für die gesamte Regelzone von VE Transmission berücksichtigte Einflussfaktoren/Randbedingungen:
    - Entwicklung der konventionellen KW-Einspeisung
    - EEG-Prognosen für übrige BL innerhalb RZ VE Transmission
    - Offshore-Windparks (Bereich Ostsee)
    - Passivität der PSWErmittelt wurde nur den **Netzausbau innerhalb Brandenburg!**
- für Netzausbau relevanter Beanspruchungsfall: **Starkwind / Schwachlast**
- sicherer und zuverlässiger Betrieb der öffentlichen Versorgungsnetze erfordert die **Beherrschung des einfachen Störfalles** (Ausfall eines Betriebsmittels)
  - dimensionierendes Kriterium für den Netzausbau sind die Ergebnisse der **(n-1)-Ausfallrechnungen**
- Netzausbaubetrachtungen berücksichtigen **nur Betriebsmittel der öffentlichen Energieversorgung**, keine EEG-Einspeisernetze

## Netzausbaumaßnahmen Brandenburger 110-kV-Netze

- **Anpassung** der ursprünglich ausschließlich für die Versorgung konzipierten Netze an die **Aufnahme und Abführung** von EEG-Leistung
- **Maßnahmen:**
  - Neubau von 380/110-kV-Umspannwerken zur gezielten erzeugernahen Leistungsabführung in das Übertragungsnetz
  - Neubau von Freileitungen
    - zur Einbindung der neuen Umspannwerke
    - zur Entlastung bestehender Leitungen
  - Erhöhung der Übertragungskapazität bestehender Leitungen
    - Mastwechsel / Masterhöhung mit Leiterseilregulierung
    - Ersatzneubau
  - Erhöhung der Transformatorkapazität im Netzgebiet

## Mengengerüst für 110-kV-Freileitungen

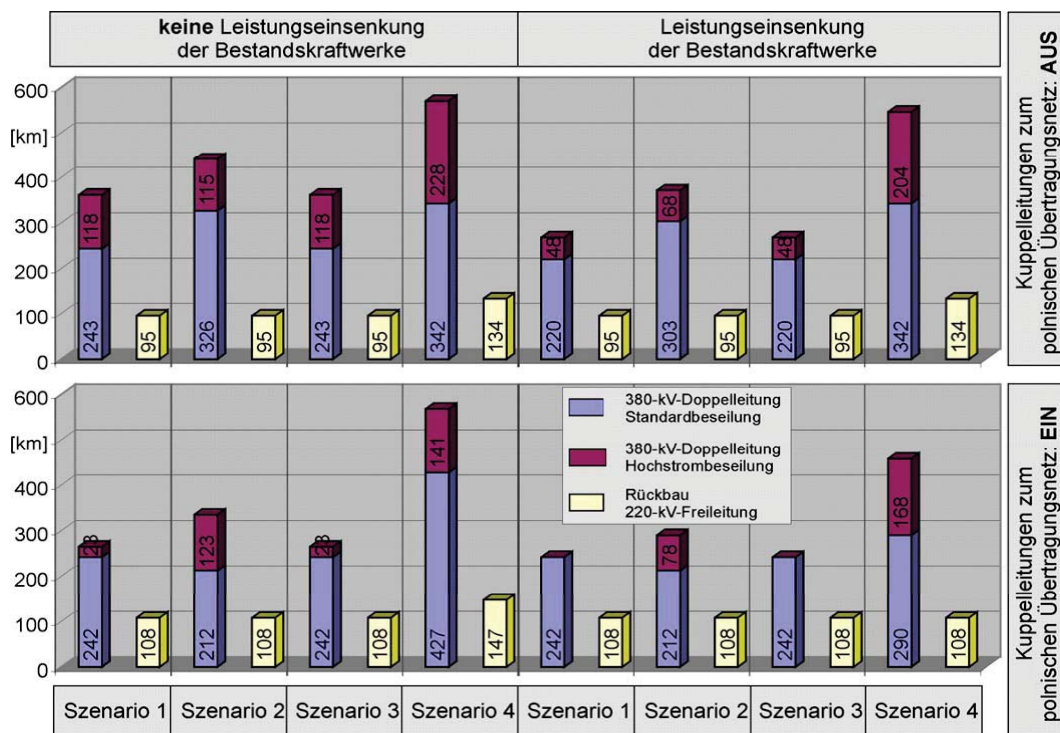


**Zusätzlich benötigte Transformatorkapazität** zur Beherrschung der EEG-Rückspeisung aus den Brandenburger Verteilnetzen in die Übertragungsnetzebene:

- für 110-kV-Netzgruppe Brandenburg der **envia Netz: 1.200 MVA**
- für 110-kV-Netzgruppe Brandenburg der **E.ON edis: 1.800 MVA**

## Mengengerüst für 380-kV-Freileitungen

### Brandenburger Teil des Übertragungsnetzes von VE-T



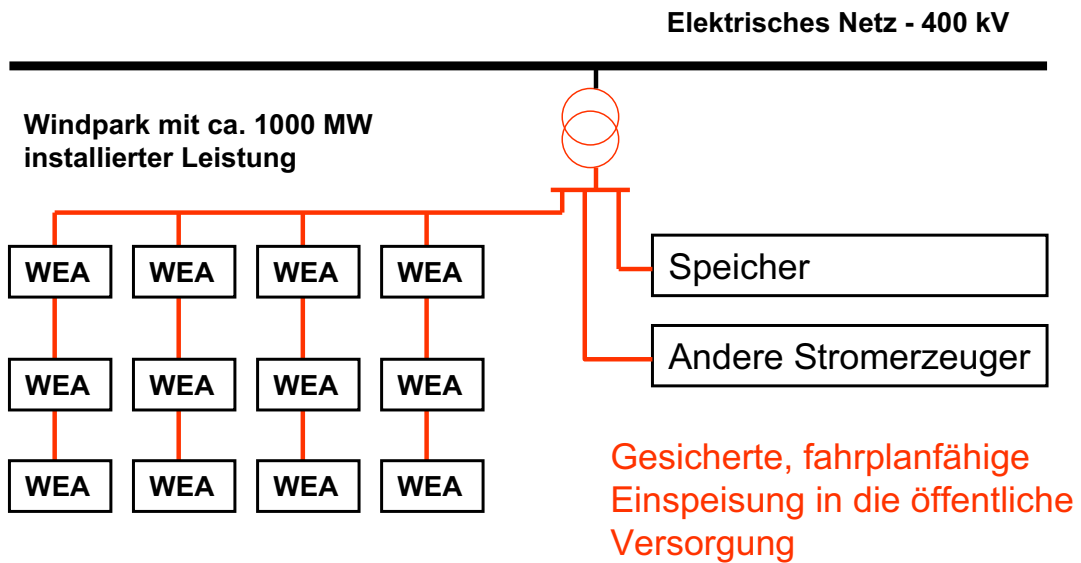
Kuppelleitungen zum polnischen Übertragungsnetz: **AUS**

Kuppelleitungen zum polnischen Übertragungsnetz: **EIN**

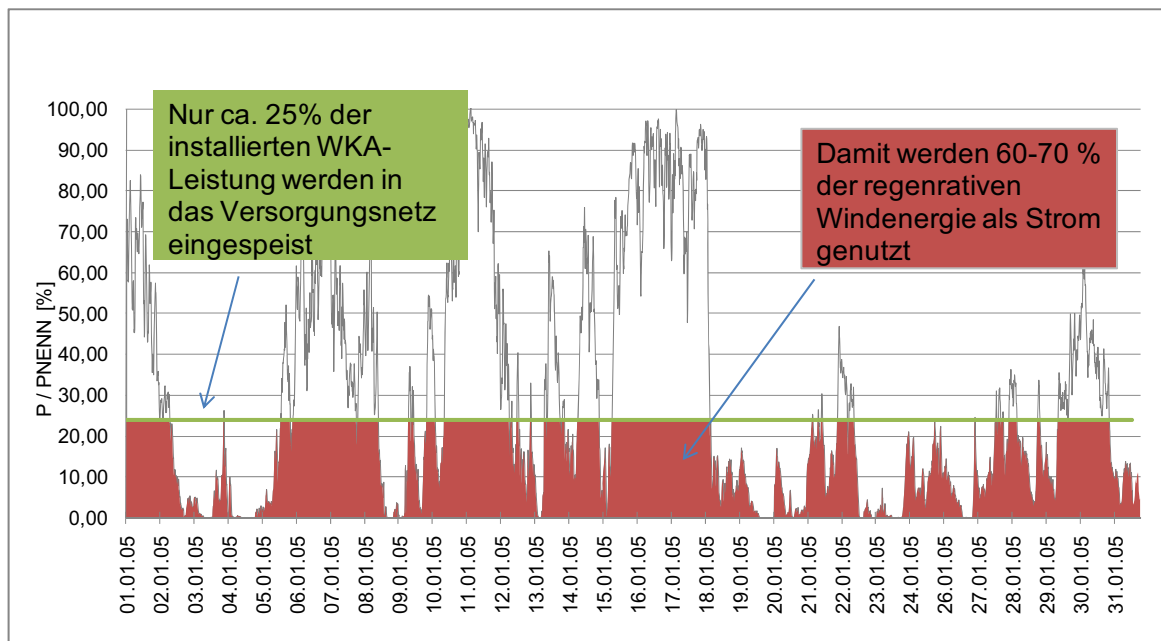
## Schlussbemerkungen

- Netzbetreiber muss zuverlässige Energieversorgung gewährleisten
  - das bedeutet **erhöhten Aufwand für Netzausbau** gegenüber reinen EEG-Erzeugungsnetzen, da **(n-1)-Sicherheit als Planungskriterium** zugrunde zu legen ist
- weiterführende EEG-Netzausbaumaßnahmen sind außerdem in Schaltanlagen, Leittechnik, Netzschutz und Netzautomatisierung erforderlich
- Einbeziehung der WEA bei **Blindleistungsbereitstellung** unbedingt erforderlich
  - erhöhter Aufwand für die Systemführung
- **Leistungsbaumaßnahmen** werden aus technischen und ökonomischen Gründen **ausschließlich als Freileitungen** vorgeschlagen
- **Netzausbau läuft** dem Ausbau der Erzeugerkapazitäten **deutlich hinterher**
  - NSM-Systeme mit erheblichem Aufwand bei Netz- und Anlagenbetreibern
- Leiterseilmonitoring **könnte temporär** EEG-Netzintegration unterstützen
  - vermeidet aber perspektivisch keinen Netzausbau
  - erheblicher technischer und finanzieller Aufwand

## ■ EE-Hybridkraftwerk

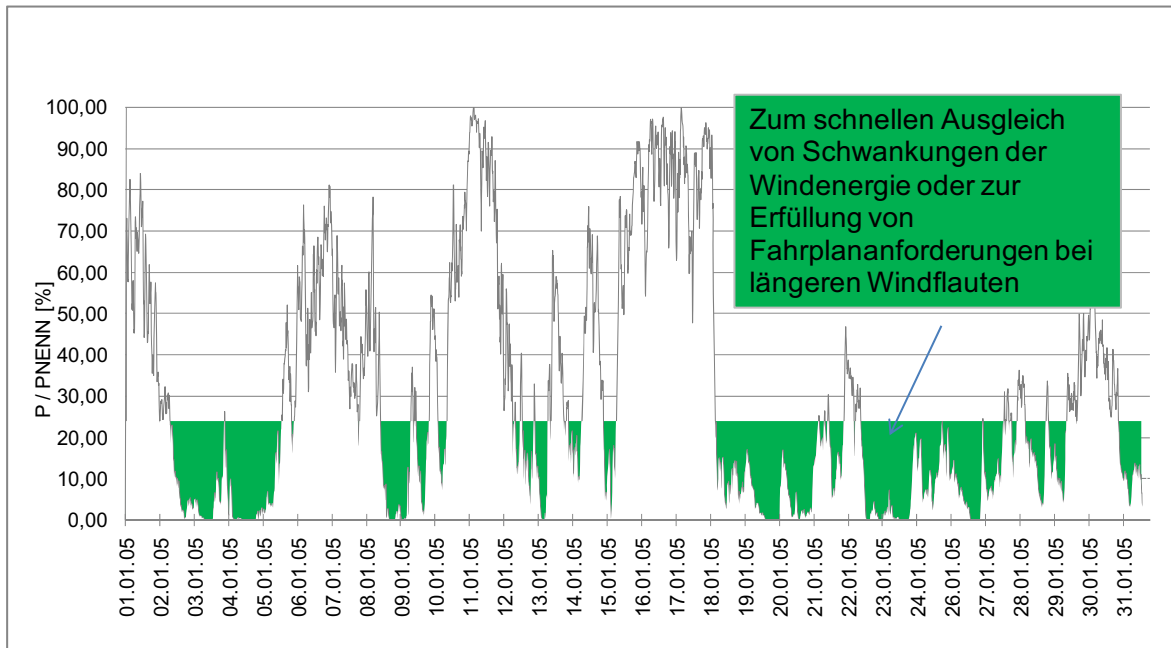


Grundkonzept beim Aufbau eines Hybrid-Kraftwerkes

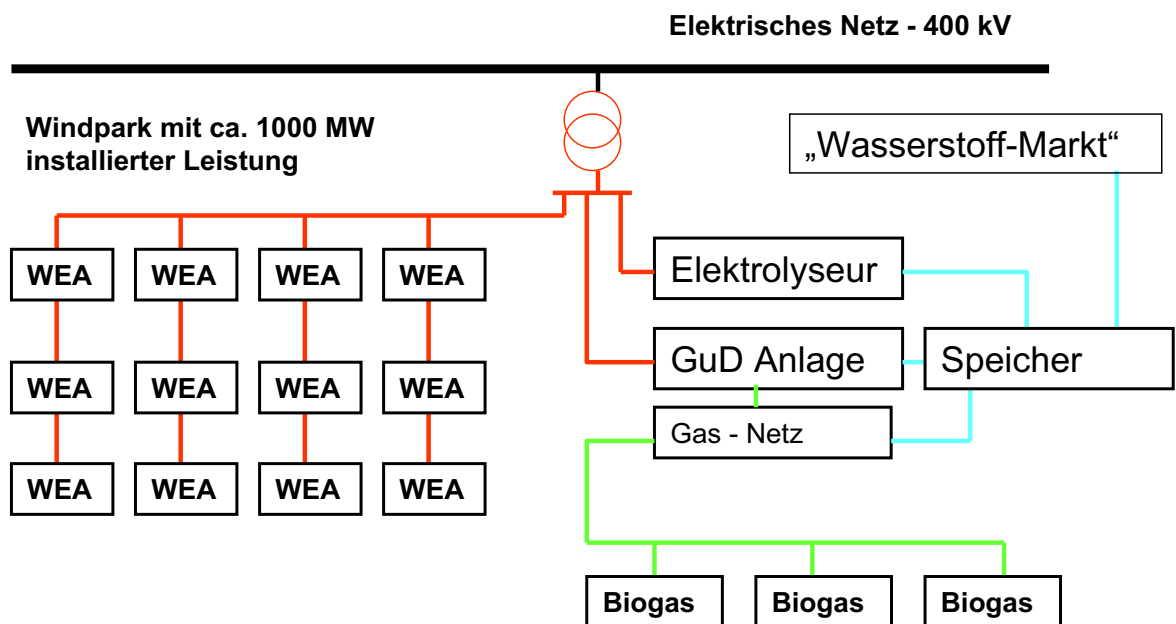


Begrenzung der elektrischen WEA-Direkteinspeisung





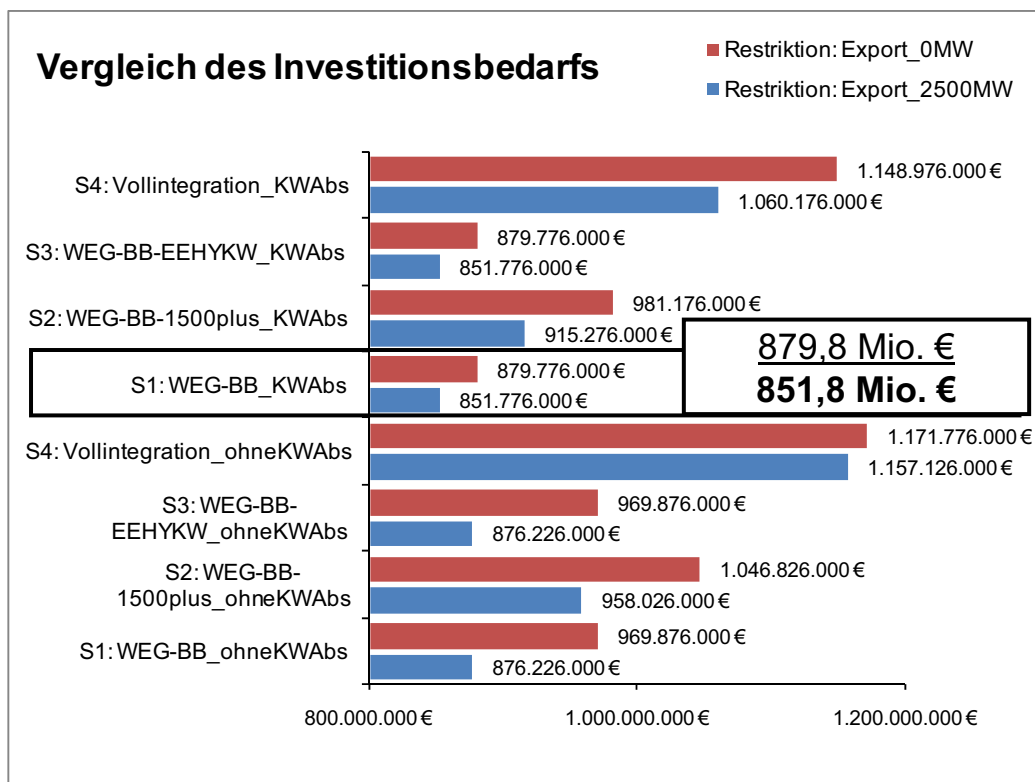
Gesicherte Leistung durch GuD-Anlage im EE-Hybrid-Kraftwerk

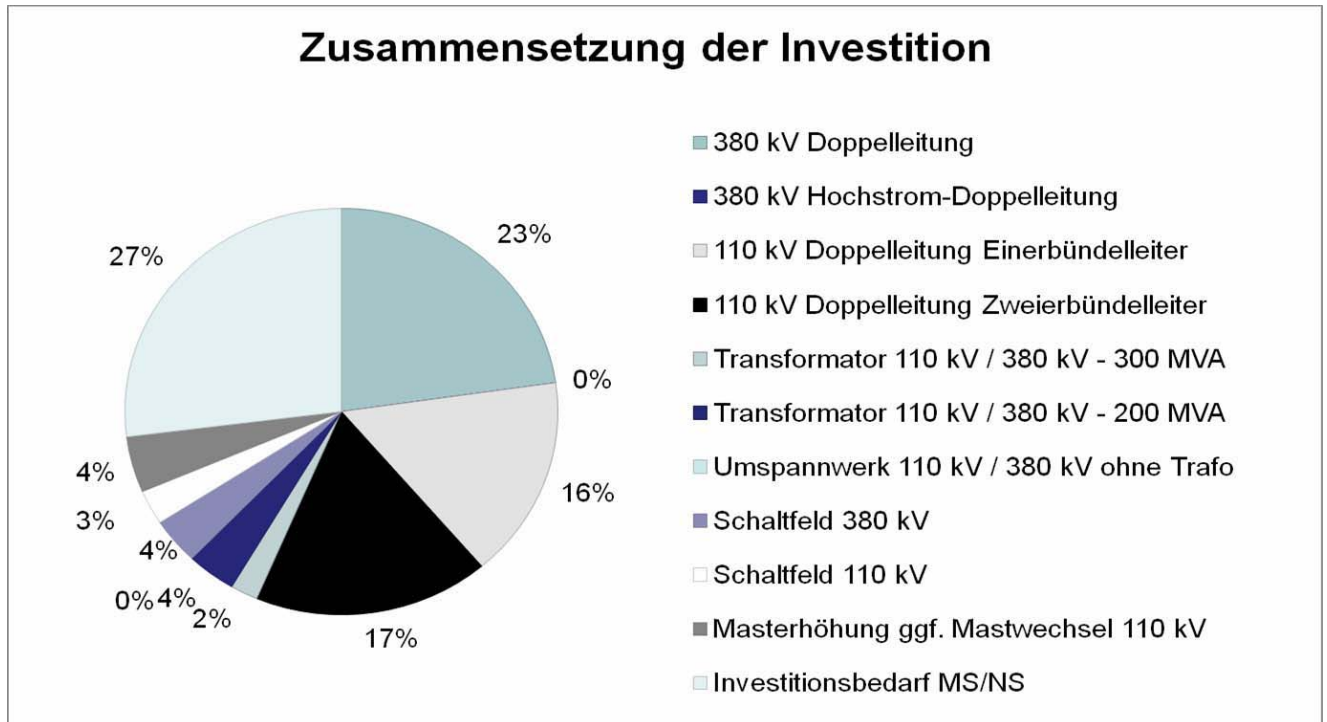


Grundkonzept beim Aufbau eines EE-Hybrid-Kraftwerkes

■ **Ökonomische Berechnungen**

**Ökonom. Berechnungen zum Netzausbau**





### Zusammensetzung des Investitionsbedarfs für das Szenario 1 (WEG-BB\_KWAbs/Exp\_2.5GW)

## Zusammenfassung der Ergebnisse zum EE-HyKW

- 1) Stromgestehungskosten des EE-HyKW in der untersuchten Konfiguration liegen für das Jahr 2020 bei etwa **15,6–16,3 ct/kWh**
- 2) EE-HyKW in der untersuchten Konfiguration benötigt umfangreiche landwirtschaftliche Nutzflächen zum Biomasseanbau
  - ca. **200 bis 220 ha/MWeI**
  - ein EE-HyKW mit einer elektrischen Einspeiseleistung von 480 MWeI benötigt insgesamt bis zu 94.205 ha.
- 3) Weiterer Forschungsbedarf: Nutzung des Erdgasnetzes, Nutzungskonkurrenzen landwirtschaftlicher Flächen, Wasserstoffnutzung im GuD-Kraftwerk und im Sekundärmarkt

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**