

# Höhere Integration von Windkraftanlagen in MS-Netzen durch probabilistische Planung

---

Ing. Walter Niederhuemer  
Linz Strom Netz GmbH



## Einleitung

- Die Einspeisung durch On-Shore Windkraftwerke in das MS-Netz stellt eine besondere Herausforderung für den Netzbetreiber dar
  - Anschlussgesuche für einzelne Windräder oder kleine Windparks
  - Leistungsbereich von einigen MW
  - Anschlüsse über das gesamte MS-Verteilernetz verteilt
  
- Maßnahmen zur Ermöglichung der Einspeisung und Einhaltung der Spannungsqualität
  - Reduktion der installierten Einspeiseleistung
  - Ausbau der Verteilernetze

## Einleitung

- Unterschiedliche Optima für Erzeuger und Verteilernetzbetreiber
  - Erzeuger
    - Einspeisung der vollen Leistung zu jeder Zeit
    - Optimierung der Energieerzeugung und damit Gewinnoptimierung
    - Geringe Anschlusskosten
  - Verteilernetzbetreiber
    - Netzkosten so gering wie möglich
  
- Um die Ziele der EU zu unterstützen und mehr Einspeisungen zu ermöglichen ist es notwendig
  - Ein volkswirtschaftliches Optimum zu finden
  - Einen Kompromiss zwischen Netzinvestitionen und erzeugter Energiemenge zu finden

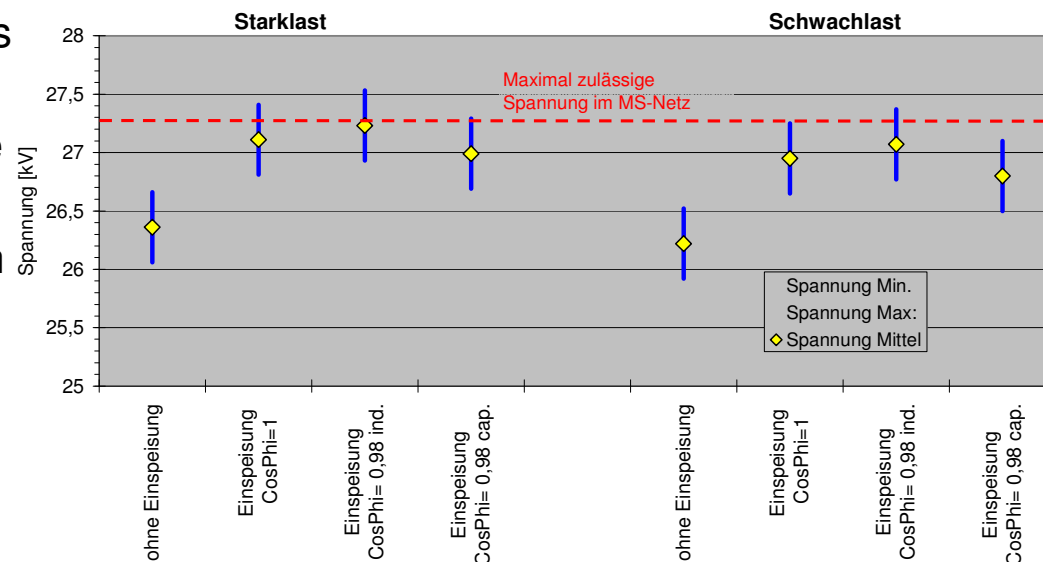
# Konventionelle Planung

- Ausgewähltes MS-Netz
  - 1,2MW Windkraftwerk + 250kW Biogasanlage bereits angeschlossen
  - Neue 2MW Windkraftanlage geplant
  - Anschluss über eine 17,5km lange Freileitung mit 95mm<sup>2</sup> Aldrey

- Planungsansatz
  - Starklast mit und ohne Einspeisung
  - Schwachlast mit und ohne Einspeisung

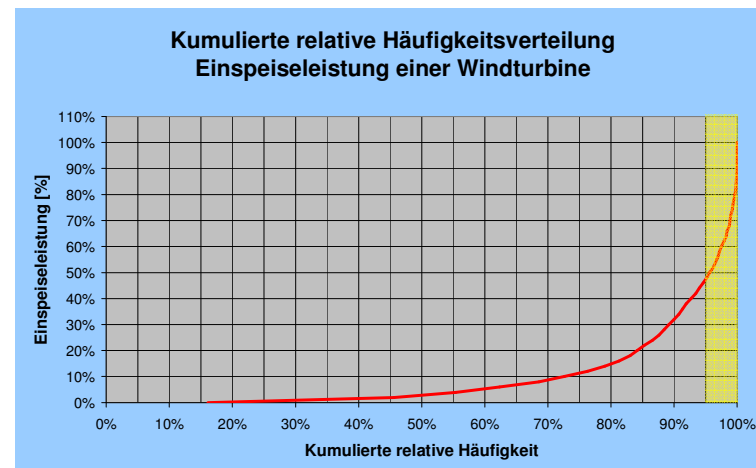
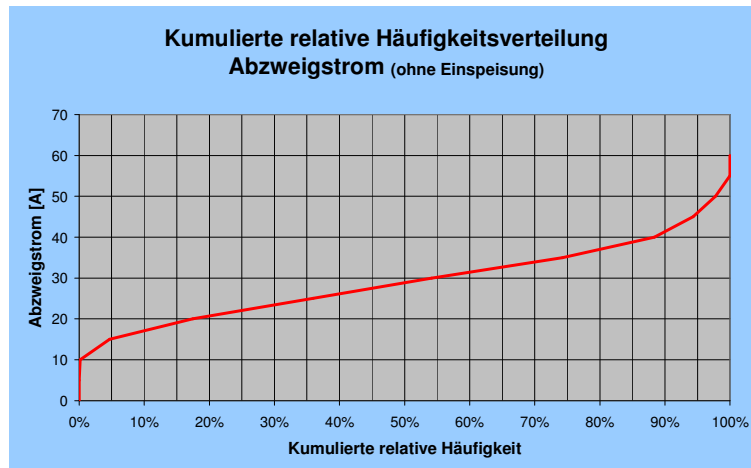
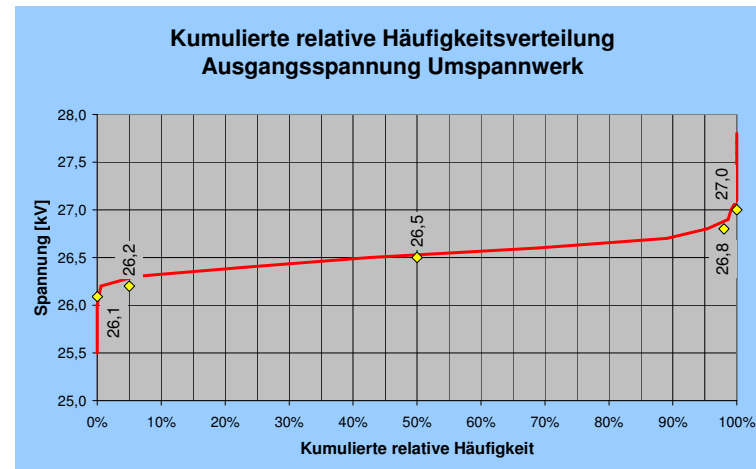
- **Reduktion der installierten Einspeiseleistung auf 2,2MW notwendig** (1,2MW +1MW neu)
- **Alternativ: 0,5Mio€ Netzinvestition** für 3km MS-Kabel

**Spannung am Verknüpfungspunkt**  
1,2MW + neue 2MW Windkraftanlage; 250kW Biogas



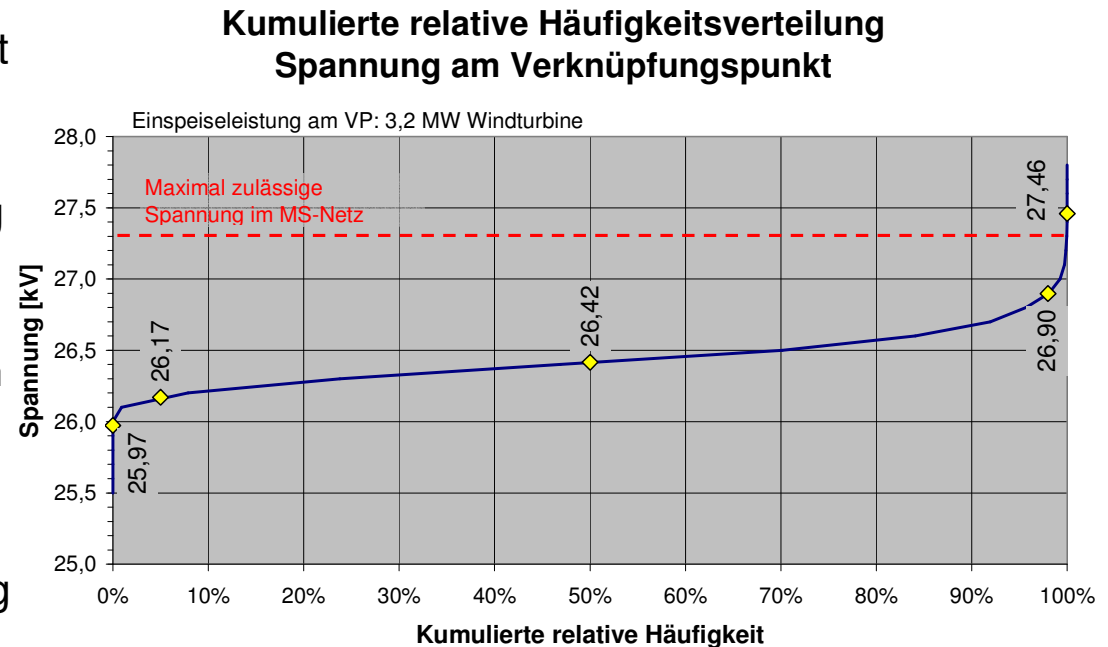
# Probabilistische Planung (Methode)

- Berücksichtigung der statistischen Verteilung
  - Ausgangsspannung Umspannwerk
  - Abzweigstrom
  - Einspeiseleistung Windkraftanlage



## Ergebnis der probabilistischen Planung

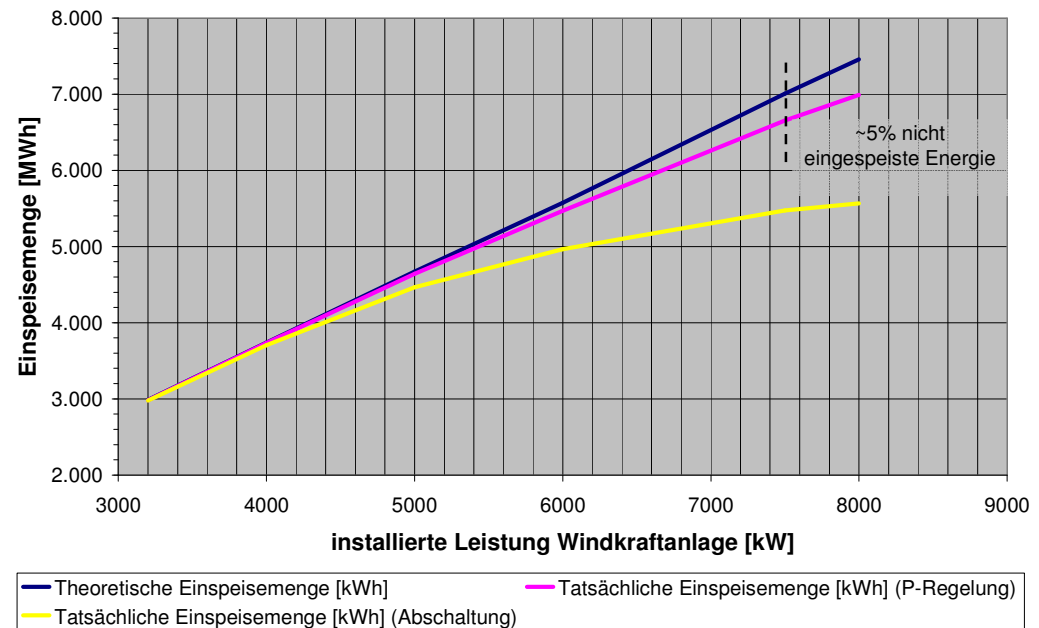
- Installierte Windkraftleistung  
3,2MW
- Spannung am VP überschreitet das Spannungslimit nur für wenige Stunden
- Theoretische Jahreserzeugung  
~3.000MWh
- Mit Wirkleistungsregelung  
(Leistungsreduktion beim Erreichen der oberen Spannungsgrenze)
  - 0,03% nicht eingespeiste Energie
  - Reduktion der Wirkleistung bis max. 1370kW



- **Jährliche Ertragseinbuße weniger als 100€** (mit Einspeisetarif 9,6ct/kWh)

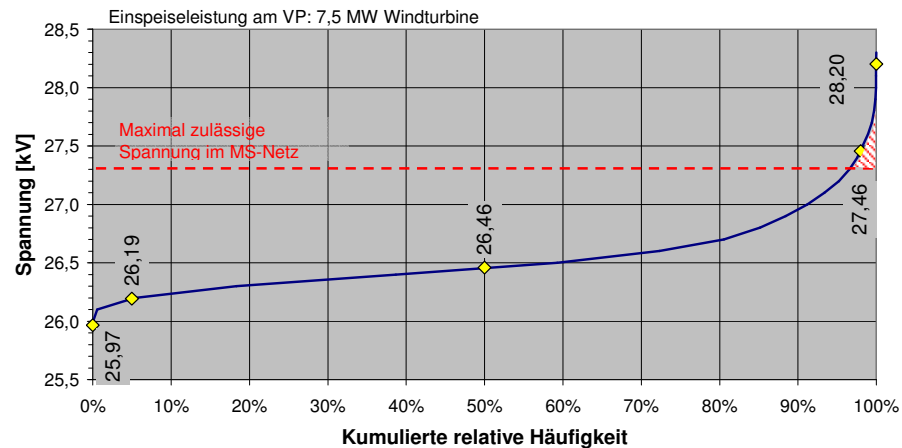
# Ergebnis der probabilistischen Planung

- Annahme einer nicht eingespeisten Energiemenge von 5%
  - Anschluss von 7,5MW Windkraftleistung an diesem VP möglich
  
- Theoretische Jahreserzeugung ~7.000MWh
- Mit Wirkleistungsregelung (Leistungsreduktion beim Erreichen der oberen Spannungsgrenze)
  - 5% nicht eingespeiste Energie
  - Tatsächliche Einspeisemenge 6.650MWh/a
  - Reduktion der Wirkleistung bis max. 3,8MW (50% der installierten Leistung)
  
- **Doppelt so hoher Energieertrag ohne zusätzliche Netzinvestitionen**

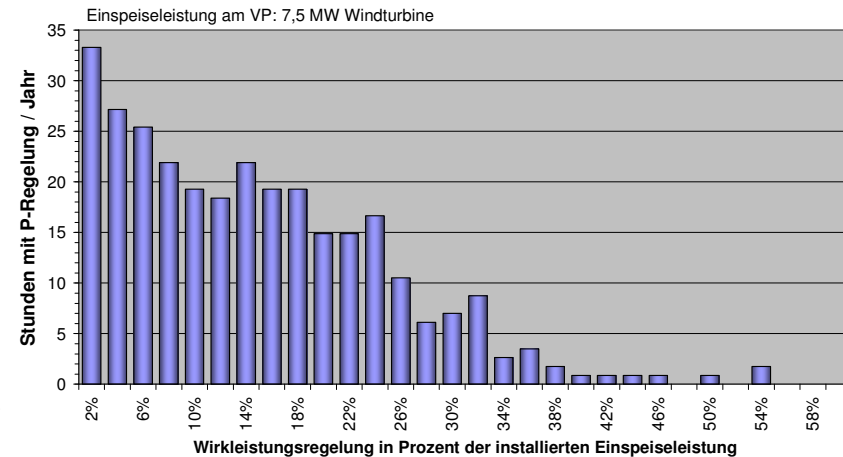


# Ergebnis der probabilistischen Planung

**Kumulierte relative Häufigkeitsverteilung  
Spannung am Verknüpfungspunkt**



**Wirkleistungsregelungen pro Jahr**



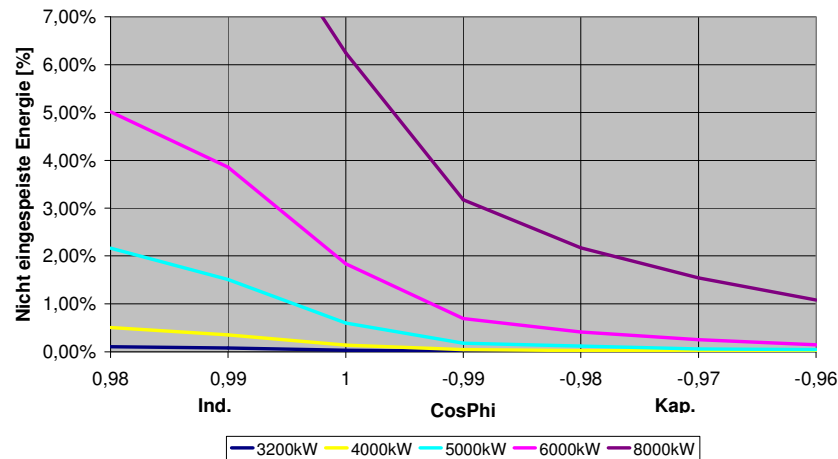
- ❑ Installierte Windkraftleistung 7,5MW
- ❑ Nicht eingespeiste Energiemenge 5% bei Wirkleistungsregelung (bei Erreichen des oberen Spannungslimits)
- ❑ Regelung in 3,4% der Zeit pro Jahr notwendig -> ~300 h
- ❑ Maximale Leistungsreduktion ~50%



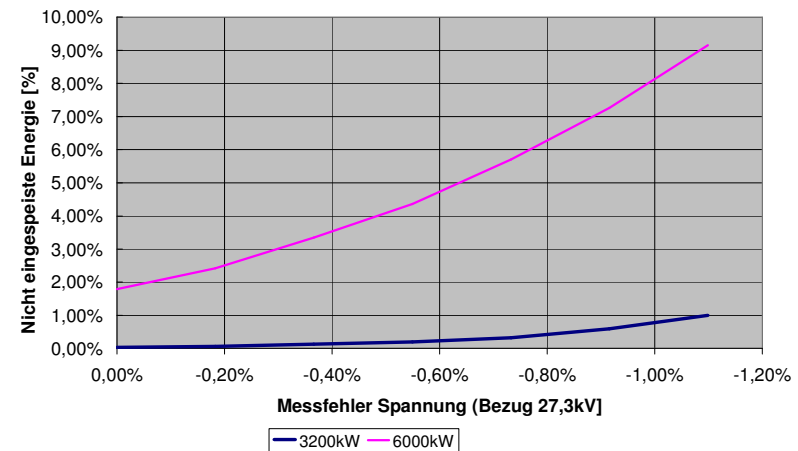
## Probabilistische Planung (Einflussparameter)

- Bei spannungsabhängiger Wirkleistungsregelung haben folgende Parameter wesentlichen Einfluss
  - Dauerlinie der Einspeisung
  - Dauerlinie des Abzweigstromes
  - Dauerlinie der UW Ausgangsspannung
  - Blindleistung der Einspeisung
  - Messfehler der Spannung bei P-Regelung am Verknüpfungspunkt

Abhängigkeit nicht eingespeiste Energie / Blindleistung der Einspeisung



Abhängigkeit nicht eingespeiste Energie / Messfehler Spannung



## Rahmenbedingungen und wirtschaftliche Aspekte

- Aktuelle Rahmenbedingungen und fehlende Akzeptanz bei Erzeugern lassen derzeit keine Wirkleistungsregelung zu
- Vertragliche Vereinbarungen zwischen VNB und Erzeuger schwierig
  - Ertragslage wird durch andere zusätzliche Einspeiser beeinflusst
  - Wer bestimmt den Zeitpunkt für zusätzliche Netzinvestitionen
  - Wer trägt die Kosten für diese Investition
  - Kostentragung durch alle angeschlossenen Einspeiser oder letzter anzuschließender Einspeiser
- Vergleich konventionelle Bewertung / probabilistische Berechnung
  - Konventionelle Bewertung
    - Kabelverbindung zum nächsten technisch geeigneten Anschlusspunkt
    - 500.000€ unmittelbare Aufwendungen
    - Weiter Einspeisungen nur mit neuen Netzinvestitionen möglich
  - Probabilistische Berechnung
    - Ertragseinbuße durch nicht eingespeiste Energie weniger als 100€/Jahr
    - Bei 5% nicht eingespeister Energie etwa 14.400€/Jahr Ertragseinbuße (3,2MW Anlage)
    - Keine Netzinvestitionen bis zu 7,5MW installierter Einspeiseleistung notwendig

## Rahmenbedingungen und wirtschaftliche Aspekte

- Durch den neuen Planungsansatz kann die Einspeisekapazität in die Verteilernetze erhöht werden
- Künftige Netzinvestitionen die durch zusätzliche Einspeiser (MS und NS-Netz) hervorgerufen werden sind nicht einem einzelnen Erzeuger zuordenbar.
- Es muss dem Verteilernetzbetreiber möglich sein, die optimale Strategie für Investitionen in das Netz selbst zu bestimmen; wie z.B.
  - Änderung der Regelung am Umspanner
  - SMART GRIDS
  - Netzausbau
- Zukünftige Netzinvestitionen, die durch Einspeiser ausgelöst werden, sind durch die Netzbenutzer in Form von Baukostenbeiträgen beim Anschluss der Erzeugungsanlage zu finanzieren
- Zusätzliche Kosten sind in den Tarifen anzuerkennen
- Berücksichtigung der Versorgungsstruktur durch die Regulierungsbehörde

## Zusammenfassung

- Die probabilistische Planung ermöglicht
  - Die realen Netzverhältnisse besser abzubilden
  - Die wahrscheinlich nicht eingespeiste Energiemenge abzuschätzen
- An einem Beispielnetz konnte gezeigt werden, dass
  - Mehr als das doppelte an Windkraftleistung ist möglich
  - Dies bei keinen oder geringen Netzinvestitionen
  - Und mit einer geringen Menge an nicht eingespeister Energie
- Akzeptanz für nicht eingespeiste Energie durch Erzeuger notwendig
- VNB muss Strategie für künftigen Netzausbau selbst bestimmen können
- Zukünftige Netzinvestitionen sind durch Baukostenbeiträge der Erzeuger zu finanzieren
- Entsprechende Rahmenbedingungen sind notwendig

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

---

Ing. Niederhuemer Walter  
LINZ STROM NETZ GmbH  
Fichtenstraße 7, 4021 Linz  
Mail: [w.niederhuemer@linz-stromnetz.at](mailto:w.niederhuemer@linz-stromnetz.at)  
Tel: +43 (0)732 3403 3182