



Bewertung des Risikos von Überlastungen im Übertragungsnetz unter Verwendung des probabilistischen Leistungsflusses

Annika Klettke

EnInnov 2018, Graz

15.02.2018

Einleitung

Netzbetriebsplanung im Übertragungsnetz

Aktuelle Planungsprozesse

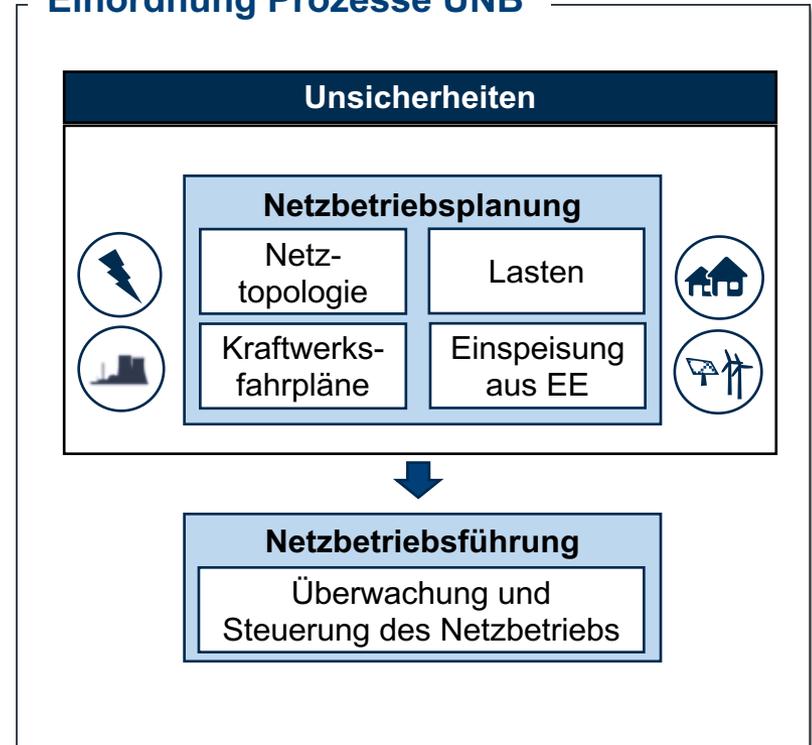
- Zeitdiskrete Planung des Netzbetriebs ohne Berücksichtigung von Unsicherheiten der Last-/Einspeisesituation
- Betriebsplanung basierend auf vortäglichen Planungsdatensätzen (DACF)

Derzeitiges Verfahren zur Bewertung der Netzsicherheit nach (n-1)-Kriterium

- Abbildung von Betriebsmittelausfällen über Liste planungsrelevanter Ausfälle unabhängig von vorherigen Ausfällen
- Qualitative Aussage über die Netzsicherheit
- Beherrschung von Betriebsmittelausfällen durch die Netzbetriebsführung

→ Wie ist das derzeitige Verfahren zur Netzsicherheitsbewertung vor dem Hintergrund eines sich wandelnden Elektrizitätsversorgungssystems zu sehen?

Einordnung Prozesse ÜNB

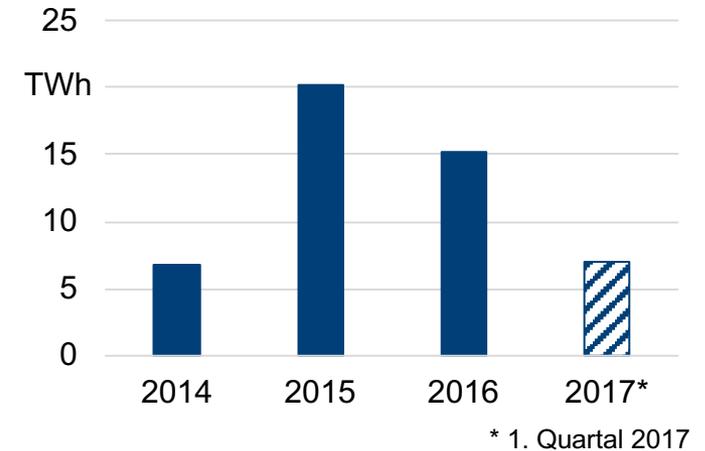


Netzbetriebsplanung im Übertragungsnetz

Entwicklungen bei der Netzbetriebsplanung

- Zunahme von Leistungsflüssen und Engpässen im Übertragungsnetz sowie steigende Anzahl an Maßnahmen zur Engpassbehebung
- Deterministische Verfahren bei Betriebsplanung ohne Berücksichtigung des Risikoaspekts
- Überdenken heutiger Konzepte der Netzsicherheitsbewertung zur Planung von Engpassbehebungsmaßnahmen

Redispatchmaßnahmen



Ziel

Entwicklung eines Verfahrens zur Abbildung von Unsicherheit der Last-/Einspeisesituation sowie Engpassbehebungsmaßnahmen und Folgeausfälle

Einleitung

Methoden zur Netzsicherheitsbewertung

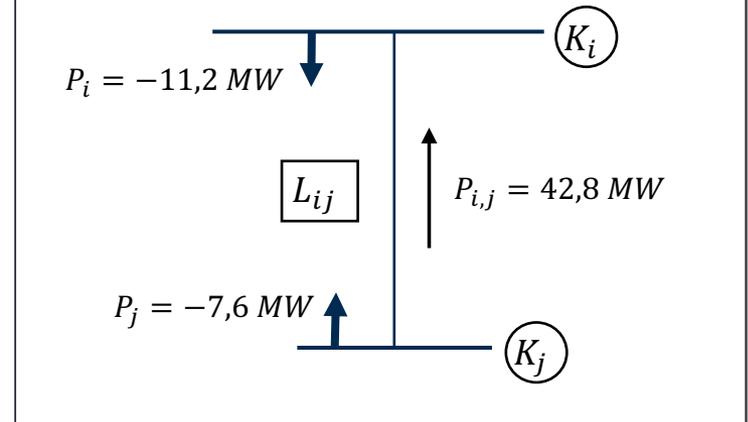
Numerische Verfahren (z.B. Monte Carlo)

- Bestimmung der probabilistischen Leistungsflüsse durch eine Vielzahl von Wiederholungen der deterministischen Leistungsflussrechnung
- Korrelation zwischen Genauigkeit und Rechenzeit des Verfahrens
- ➔ Rechenzeitaufwändig sowie Bedarf zur Generierung konsistenter Szenarien

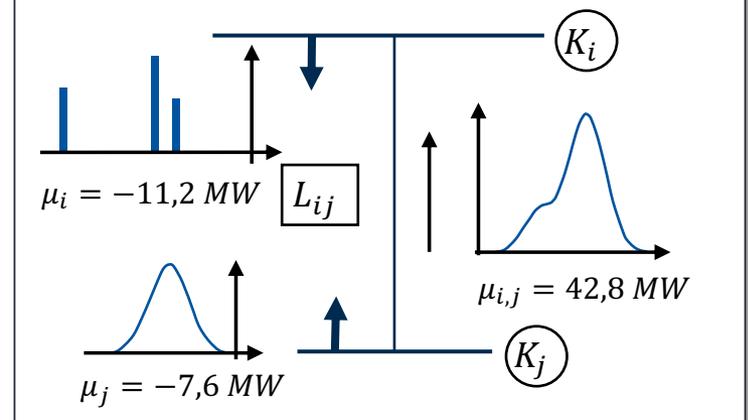
Analytische Verfahren (z.B. Faltung)

- Bestimmung der probabilistischen Leistungsflüsse über Leitungen durch Faltung der Dichtefunktionen
- Faltung setzt stochastische Abhängigkeit der Eingangsgrößen voraus
- ➔ Erweiterung um Berücksichtigung stochastischer Abhängigkeiten notwendig

Determ. Leistungsflussrechnung

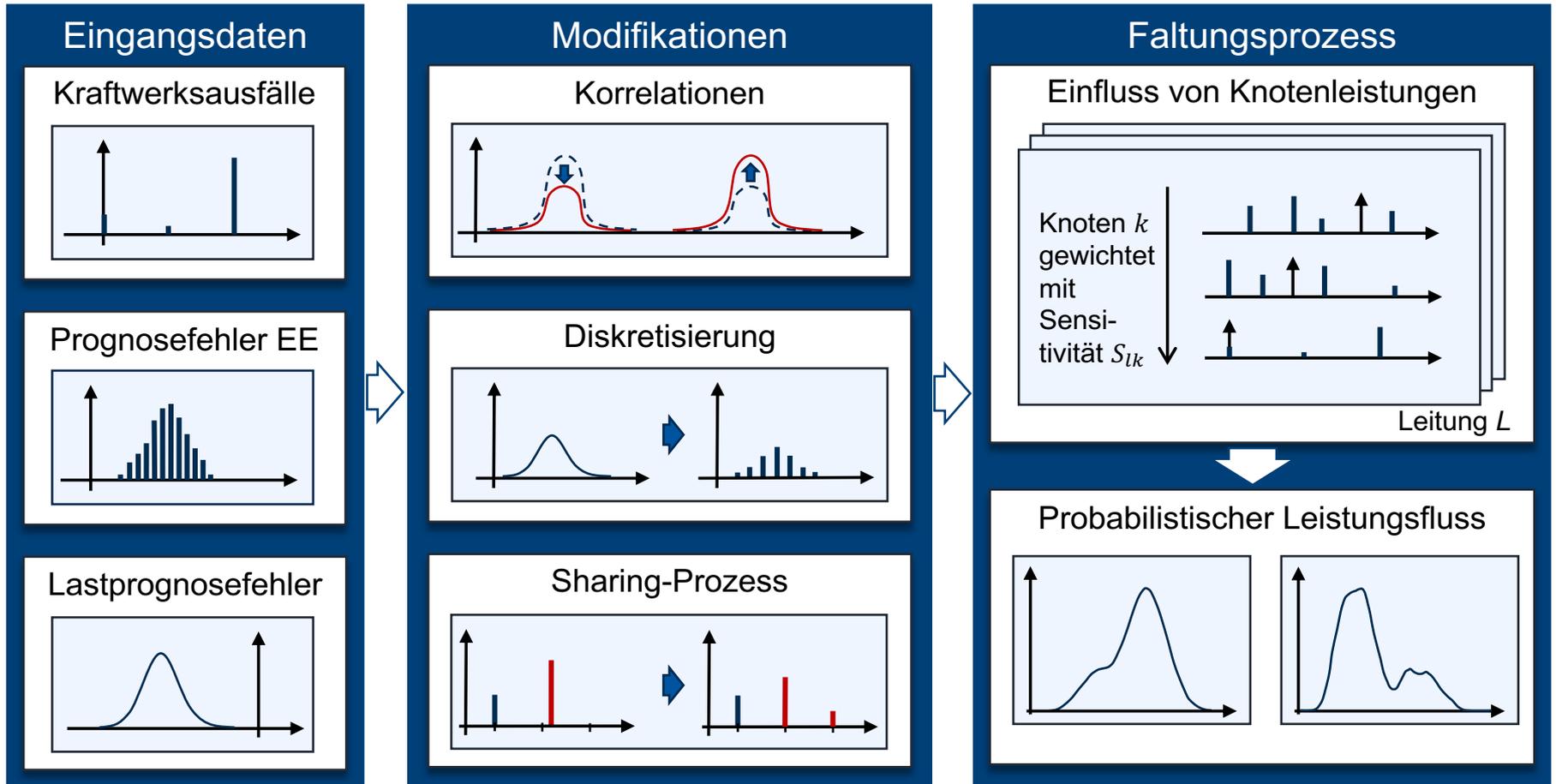


Prob. Leistungsflussrechnung



Methodische Vorgehensweise

Überblick



Methodische Vorgehensweise

Modellierung stoch. Eingangsgrößen

Kraftwerksausfälle

- Unterteilung der Kraftwerksblöcke in Leistungsstufen bezogen auf die installierte Leistung
- Spezifische Ausfallraten für Teil- und Totalausfälle

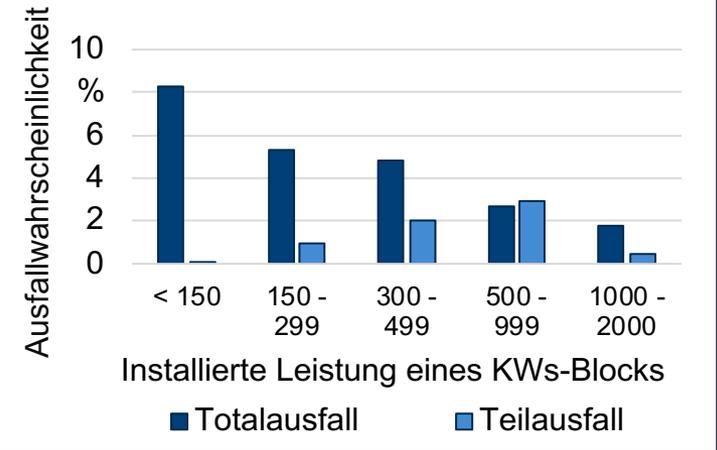
Prognosefehler der Einspeisung aus EE-Anlagen

- Windenergieanlagen
 - Historische Daten für die Windgeschwindigkeiten
 - Umrechnung mithilfe einer distanzbasierten gewichteten Mittelung und Leistungskennlinien
- Photovoltaikanlagen
 - Modellierung über Normalverteilung des Prognosefehlers

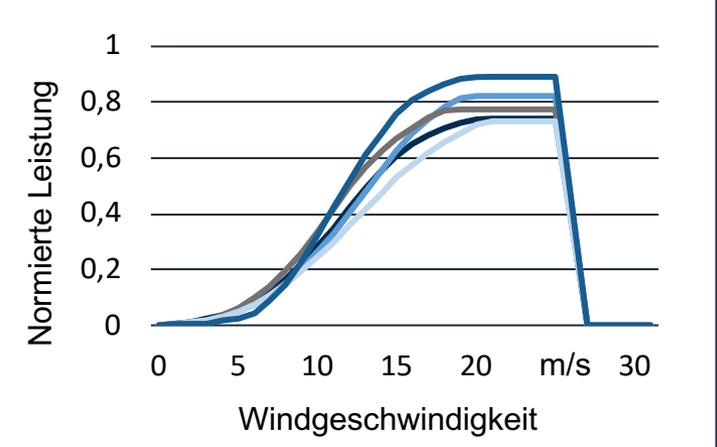
Prognosefehler der Last/Lastschwankungen

- Abbildung von Lastschwankungen basierend auf der Normalverteilung

Kraftwerksausfälle



Leistungskennlinien WEA



Methodische Vorgehensweise

Probabilistischer Leistungsfluss unter Verwendung der Faltung

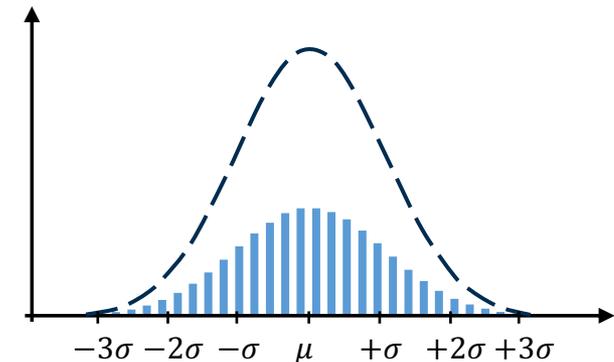
Fast-Fourier-Transformation

- Transformation der Dichtefunktionen vom Zeit- in den Frequenzbereich
- Ausschließliche Betrachtung von diskreten Dichtefunktionen
- Wesentlich geringerer Rechenaufwand $\mathcal{O}(n \cdot \log(n))$ im Vergleich zu konventionellen Transformationsoperationen $\mathcal{O}(n^2)$

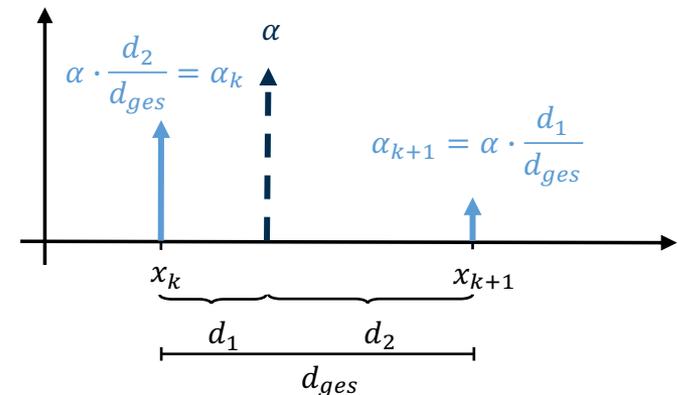
Diskretisierung und Sharing-Prozess

- Umwandlung von kontinuierlichen in diskrete Dichtefunktionen über Skalierung
- Zuordnung der Ausprägungen einer Dichtefunktion auf fest definierten Punkte des Faltungsintervalls mittels gewichteten Durchschnitts der Distanz

Diskretisierung



Sharing-Prozess

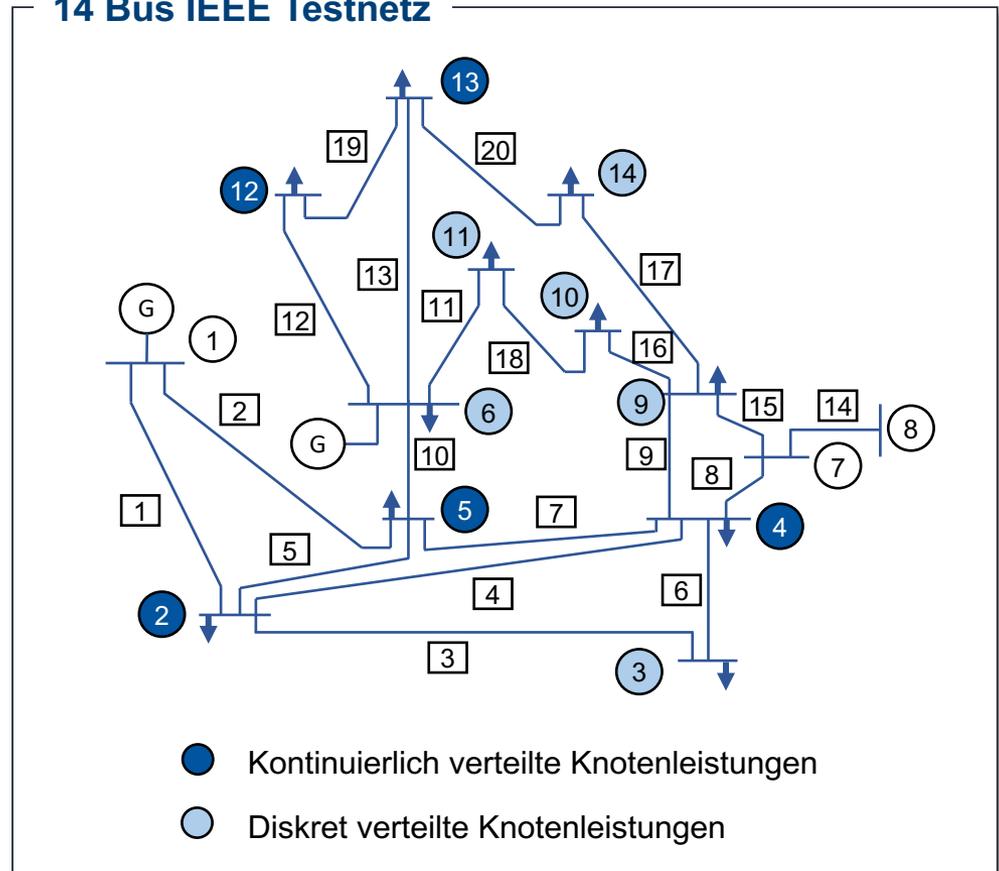


Ergebnisse

Untersuchungsrahmen

- 14 Knoten (davon 1 Slack), 20 Leitungen
- Knoten 2 mit installierter Leistung von 40 MW
- Wirkleistungsbezug der Lasten (6,1 bis 94,2 MW)
- Knoten 2, 4, 5, 12 und 13 mit kontinuierlicher Verteilung
- Knoten 3, 6, 9, 10, 11 und 14 mit diskreter Verteilung
- Anwendbarkeit auf große Netze durch Berechnungen im 300 Bus IEEE Netz validiert

14 Bus IEEE Testnetz



➔ Durchführen von deterministischer sowie probabilistischer Leistungsflussberechnung unter Verwendung der Faltung zur Validierung des entwickelten Verfahrens

Ergebnisse

Exemplarische Untersuchungen

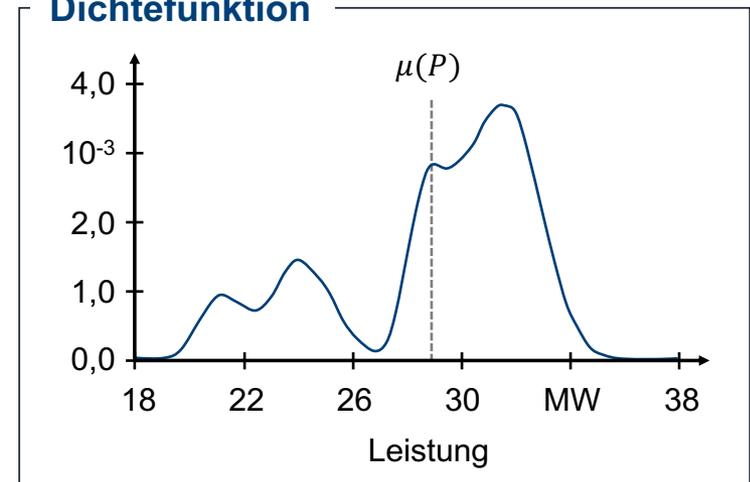
Dichtefunktion

- Übereinstimmung des Erwartungswerts $\mu(P)$ mit deterministischer DC-Leistungsflussberechnung
 - Höherer Leistungsfluss wahrscheinlicher als $\mu(P)$
 - Hohe Leistungsbandbreite aufgrund hoher Standardabweichung von 12,5 %
- ➔ Identifikation möglicher kritischer Leitungen

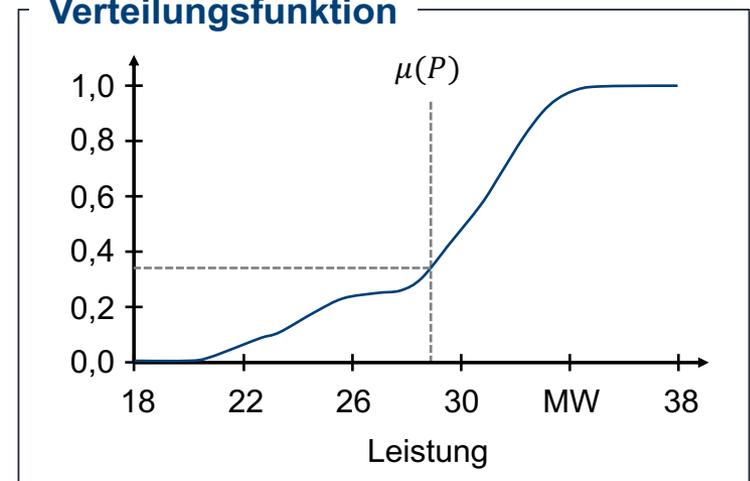
Verteilungsfunktion

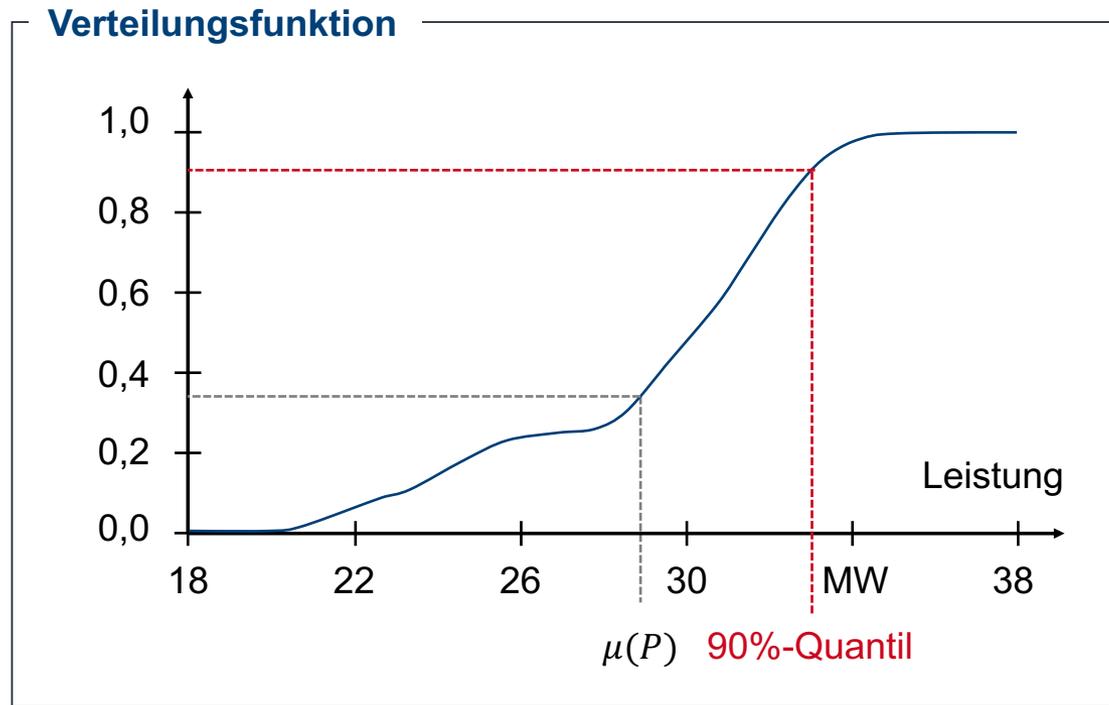
- Hohe Wahrscheinlichkeit für Leistungsflüsse größer als Erwartungswert $\mu(P)$
 - Erwartungswert und somit deterministische Berechnung bei fast allen Leitungen kleiner 50 % der potentiellen Leistungsflüsse
- ➔ Tendenz zur Unterschätzung der Leistungsflüsse bei deterministischer Leistungsflussberechnung

Dichtefunktion



Verteilungsfunktion





- Auswahl kritischer Leitungen über Quantilbildung der Dichtefunktion
- Durchführung von Ausfallsimulation für ausgewählte Leitungen zur Abbildung von Folgeausfällen
- Quantitative Bewertung der Netzsicherheit zur Planung von Engpassbehebungsmaßnahmen möglich

Fragen und Diskussion

Kontaktdaten

Annika Klettke

Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW),
RWTH Aachen University

E-Mail: ak@iaew.rwth-aachen.de

<http://www.iaew.rwth-aachen.de>

Institutsleitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Albert Moser